

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) О.В. Коваль
(ініціали, прізвище)
“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення
за спеціалізацією Інженерія програмного забезпечення розподілених систем
на тему: Розв’язок задачі обрахунку водонагрівача в інтерактивному режимі з
використанням клієнт-серверної архітектури (комплексна задача)

Виконав: студент 6 курсу, групи ТВ-81мп
(шифр групи)

Романов Олександр Віталійович
(прізвище, ім’я, по батькові) _____
(підпис)

Науковий керівник к.т.н., доцент Кузьменко І.М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Рецензент к.т.н., доцент Сірий О.Л.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»**

Факультет теплоенергетичний

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

Рівень вищої освіти другий, магістерський

зі спеціальності - 121 Інженерія програмного забезпечення

за спеціалізацією - Інженерія програмного забезпечення розподілених систем

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ О.В. Коваль
(підпис)
” ” _____ 2019р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Романову Олександру Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розв'язок задачі обрахунку водонагрівача в інтерактивному режимі з використанням клієнт-серверної архітектури (комплексна задача)
керівник роботи _____ Кузьменко Ігор Миколайович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від 4 листопада 2019 р. № 3812-с

2. Строк подання студентом роботи _____ грудня 2019р.

3. Об'єкт дослідження Принцип роботи скрубєрів, підходи та алгоритми розрахунку параметрів водонагрівача

4. Предмет дослідження Розрахунок параметрів водонагрівача та аналіз отриманих результатів

5. Перелік питань, які потрібно розробити Проаналізувати актуальність використання скрубєрів. Проаналізувати аналогічні програмні системи та їх недоліки. Реалізувати алгоритми розрахунку параметрів водонагрівача. Створити, під'єднати та записувати результати обчислень та інші дані про користувачів до бази даних. Розробити користувацький інтерфейс для користувача та адміністратора. Розробити можливість графічного представлення отриманих результатів.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: вхідні та вихідні дані для вирішення задач розрахування параметрів повітря всередині скрубєра та знаходження висоти хордової насадки скрубєра, архітектура програмного додатку, графічне представлення проведених розрахунків.

7. Орієнтований перелік публікацій Розв'язок задачі обрахунку водонагрівача в інтерактивному режимі з використанням клієнт-серверної архітектури (“Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики” XVII міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрів, студентів)

8. Дата видачі завдання ” ____ ” _____ 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строки виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання	28.09.18 р.	
2	Опрацювання літературних джерел	01.10.18 р. – 03.02.19 р.	
3	Підготовка матеріалів дисертації	04.02 – 31.05.19 р.	
4	Підготовка доповідей на конференції	11.03 – 29.03.19 р.	
6	Розробка програмного продукту	03.06 – 25.10.19 р.	
5	Переддипломна практика	02.09 – 25.10.19 р.	
7	Захист програмного продукту	26.10.19 р.	
8	Розробка стартап-проекту	11.11 – 19.11.19 р.	
9	Передзахист	20.11.19 р.	
10	Оформлення дисертації	21.11- 29.11.19 р.	
11	Захист	16.12.19 р.	

Студент

_____ (підпис)

Романов О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Кузьменко І.М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг дипломної роботи

Магістрська дисертація складається зі вступу, шести розділів і висновку. Робота містить в собі 22 джерела за переліком посилань, 30 ілюстрацій, 22 таблиці. Крім того, в кінці розміщено 1 додаток. Основна частина роботи викладена на 94 сторінках.

Актуальність теми

Актуальність даної роботи пояснюється актуальністю екологічних проблем забруднення повітря у світі. У законодавстві багатьох держав, зокрема і в Україні існує закон про екологізацію матеріального виробництва, створюється все більше організацій, направлених на захист навколишнього середовища. Саме цим пояснюється зростання попиту на використання скрубєрів на великих промислових підприємствах, які покликані значно знизити кількість шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу.

Дана робота присвячена розробці рішення для розрахунку задач визначення параметрів скрубєра та аналізу отримання цих даних для їх подальшого вибору.

Метою дослідження є створення клієнт-серверного додатку для розрахунку параметрів водонагрівача. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні **задачі дослідження**:

- проаналізувати актуальність використання скрубєрів;
- проаналізувати аналогічні програмні системи та їх недоліки;
- реалізувати алгоритми розрахунку параметрів водонагрівача;
- створити, під'єднати та записувати результати обчислень та інші дані про користувачів до бази даних;
- розробити користувацький інтерфейс для користувача та адміністратора;
- розробити можливість візуалізації отриманих результатів;

Об'єкт дослідження: принцип роботи скрубєрів, підходи та алгоритми до розрахунку параметрів водонагрівача.

Предмет дослідження: розрахунок параметрів водонагрівача та аналіз отриманих результатів.

Методи дослідження: методи математичного та фізичного моделювання.

Наукова новизна: перша комплексна система для розрахунку водонагрівача, що надає можливість для адміністрування користувачів системи.

Практичне значення: розрахунок параметрів водонагрівача та аналіз отриманих даних дозволить інженерам теплоенергетичних процесів не тільки нівелювати людський фактор, який призводить до помилок у розрахунках, а і надасть необхідну інформацію про те, яке обладнання зможе задовольнити умовам підприємства.

Апробація: результати досліджень стосовно цілої системи взагалом представлені на XVII міжнародній науково-практичній конференції аспірантів, магістрів, студентів на тему "Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики" 2019 року.

Ключові слова: СКРУБЕР, ВОДОНАГРІВАЧ, АДМІНІСТРУВАННЯ КОРИСТУВАЧІВ, ХОРДОВА НАСАДКА, ДІАГРАМА ВОЛОГОГО ПОВІТРЯ.

ABSTRACT

Structure and volume of the thesis

The master's thesis consists of an introduction, six sections and a conclusion. The work contains 22 sources in the list of references, 30 illustrations, 22 tables. In addition, there is 1 app at the end. The bulk of the work is set out on 94 pages.

Actuality of theme

The relevance of this work is explained by the relevance of environmental problems of air pollution in the world. In many countries, including Ukraine, there is a law on the greening of material production, more and more environmental organizations are being created. This explains the growing demand for the use of scrubbers in large industrial

enterprises, which are designed to significantly reduce the amount of harmful substances released into the atmosphere.

This paper is devoted to the development of a solution for the calculation of the scrubber parameters and analysing the obtained information.

The purpose of the study is to create a client-server application to calculate the parameters of the water heater.

To achieve this goal, you need to complete the following **research objectives**:

- analyze the relevance of the use of scrubbers;
- analyze similar software systems and their shortcomings;
- implement algorithms for calculating water heater parameters;
- connect and record calculation results and other user data to the database;
- develop user interface for user and administrator;
- to develop the possibility of graphically presenting the obtained results.

Object of study: Scrubbers work principle, approaches and algorithms for calculating water heater parameters.

Subject of study: Calculation of water heater parameters and analysing the obtained results.

Research Methods: Methods of mathematical and physical modeling.

Scientific novelty: The first comprehensive system for calculating a water heater, which has user administration functionality.

Practical value: Calculating the parameters of the water heater and analyzing the data obtained will allow the engineers of thermal power processes not only to eliminate the human factor, which leads to errors in the calculations, but also to provide the necessary information about what equipment will be able to satisfy the conditions of the enterprise.

Testing: the results of research on the whole system are generally presented at the 18th international scientific conference of graduate students, masters, students on the topic "Modern problems of scientific support of energy" in 2019.

Keywords: SCRUBER, WATER HEATER, USER ADMINISTRATION, CHORDATE NOZZLE, WET AIR DIAGRAM

ЗМІСТ

Зміст	7
Вступ	9
1 Постановка задачі	11
1.1 Використання скрубєрів – водонагрівачів	12
1.2 Основні типи та принцип роботи скрубєрів	13
1.3 Зрошувальні скрубєри з насадками	15
1.4 Переваги та недоліки використання скрубєрів	17
Висновки до розділу 1	18
2 Аналіз існуючих систем для розрахунку параметрів водонагрівачів	19
2.1 Програмне забезпечення ScrubMaster	19
2.2 Програмне забезпечення Cyclone	23
2.3 Порівняльна характеристика аналогів	26
Висновки до розділу 2	27
3 Засоби розробки	28
3.1 MongoDB	28
3.2 Node.js	30
3.3 Express.js	31
3.4 Angular	32
Висновки до розділу 3	33
4 Опис програмної реалізації	34
4.1 Архітектура програмної системи	34
4.2 Авторизація та автентифікація	35
4.3 Розрахунок задачі обрахунку параметрів повітря в скрубєрі	36

	8
4.4 Розрахунок задачі визначення висоти хордової насадки у скрубєрі.....	43
Висновки до розділу 4	54
5 Опис випробовування розробленого програмного забезпечення	55
5.1 Системні вимоги	55
5.2 Робота користувача з програмною системою.....	56
Висновки до розділу 5	64
6 Розробка стартап проекту.....	65
6.1 Опис ідеї стартап проекту.....	65
6.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	70
6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	71
6.4 Розробка ринкової стратегії проекту.....	80
6.5 Розроблення маркетингової програми	83
Висновки до розділу 6	85
Висновки.....	87
Список використаних джерел.....	89
Додаток А	91

ВСТУП

В наш час суспільство прагне до автоматизації процесів, це явище вплинуло на усі сфери нашого життя не залишивши в стороні наукову та технічну діяльність. Ручний обрахунок фізичних та математичних процесів є дуже трудомістким та часозатратним, саме тому створюється все більше систем, які полегшують роботу науковцям та інженерам-проектувальникам.

Задача обрахунку водонагрівачів має дуже важливе значення, адже водонагрівачі використовуються не тільки на побутовому, а і на промисловому рівні. Правильний розрахунок водонагрівача допоможе за допомогою меншої кількості ресурсів отримати необхідний для поставленої задачі результат.

Актуальність роботи зумовлена екологічною ситуацією у світі, що погіршується з кожним днем. Усе частіше та частіше ми чуємо про проблеми забруднення навколишнього середовища, шкідливих викидів у атмосферу, глобальне потепління та збільшення рівня води у світовому океані. І дійсно, проблема чистоти довкілля є дуже важливою у наш час, адже забруднене повітря є фактором ризику виникнення безлічі захворювань у людей та завдання непоправної шкоди флорі та фауні нашої планети. Однією з найважливіших причин забруднення повітря вважаються численні промислові підприємства, що кожного дня викидають у атмосферу тонни шкідливих речовин, при цьому нагріваючи атмосферу гарячими газами, збільшуючи загальний рівень температури повітря на планеті.

По мірі розвитку технологій і збільшення викидів в навколишнє середовище людство закономірно рухалося до створення ефективних апаратів газоочистки, одним із плеяди яких є скруббер - система пилегазовловлювання, яка стала дуже популярною в широкому колі виробничих і переробних підприємств.

В процесі роботи скрубера-водонагрівача, що використовується для очищення твердих або газоподібних середовищ від домішок у різних хіміко-технологічних процесах, за рахунок тепла газів віддбувається нагрів води, що допомагає зменшити температуру газів, що викидаються в атмосферу та після цього використати нагріту воду у інших корисних цілях, наприклад опалення будівель.

У законодавстві багатьох держав, зокрема і в Україні існує закон про екологізацію матеріального виробництва, створюється все більше організацій, направлених на захист навколишнього середовища. Саме цим пояснюється зростання попиту на використання скрубєрів водонагрівачів, які допомагають очищати газоподібні середовища від шкідливих домішок та охолоджувати газовий потік, що значно покращить стан екології.

Даний програмний продукт має на меті допомогти інженерам великих теплоенергетичних систем суттєво зменшити час на обрахунок параметрів водонагрівачів, та правильного його підібрати в залежності від мети.

Основою даної роботи є застосунок з клієнт-серверною архітектурою, який, отримуючи необхідні параметри від користувача, виконує розрахування водонагрівача на сервері, працюючи при цьому із базою даних.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Головною задачею роботи є створення додатку з клієнт-серверною архітектурою, який матиме два різні інтерфейси для користувача та адміністратора.

На діаграмі прецедентів, можна детальніше розглянути можливості користувача та адміністратора при роботі з системою (рисунок 1.1)



Рисунок 1.1 — Діаграма прецедентів

Можливості користувача включають проведення розрахунків водонагрівача, а саме визначення температури нагрівання води і охолодження повітря на виході водонагрівача, визначення висоти насадки у скрубєрі – водонагрівачі, яка необхідна для охолодження заданої кількості повітря за відомої температури води, побудова графіків візуалізації проведених розрахунків, можливість конвертації фізичних величин у різні системи вимірювання та переглядати історію розрахунків користувача. Адміністратор в свою чергу матиме можливість змінювати початкові коефіцієнти обчислення за замовчуванням, дозволяти та забороняти користувачам вводити початкові дані для розрахунків та переглядати історію розрахунків усіх користувачів системи. На діаграмі прецедентів, можна детальніше розглянути можливості користувача та адміністратора при роботі з системою (рисунок 1.1)

1.1 Використання скруберів – водонагрівачів

Зазвичай скрубер являє собою ємкість циліндричної або прямокутної форми. У скруберів без насадок передбачена система форсунок, через які під тиском до 200 кПа розпилюється вода або хімічні реагенти чи сорбенти. Скрубер з насадкою оснащений ґратами спеціальної конструкції, зробленими з дерев'яних рейок, тарілок або керамічних кілець, що забезпечує наявність великої поверхні контакту газового потоку з рідкою фазою (рисунок 1.2, 1.3).

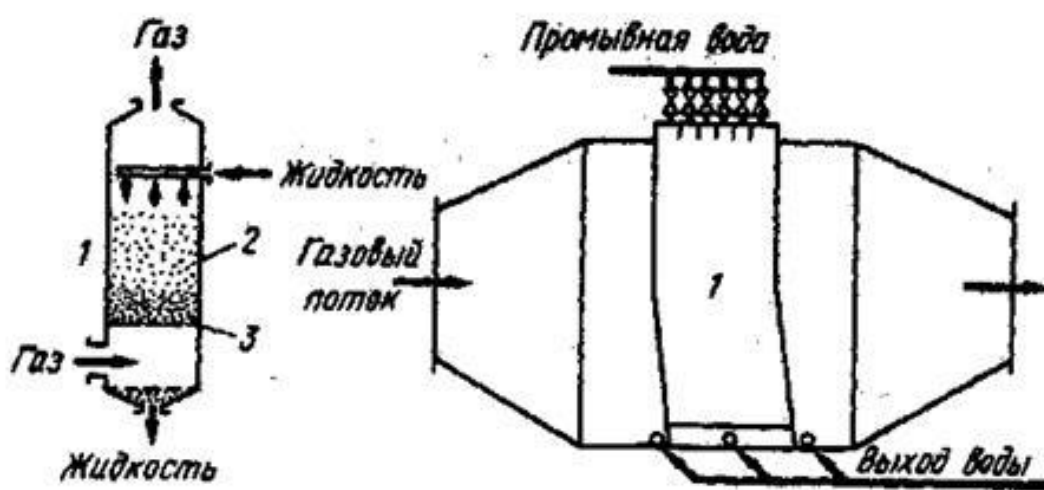


Рисунок 1.2 — Будова скрубера-водонагрівача

Для очищення від пилу гарячих і вибухонебезпечних газів, а також для видалення з газового потоку будь-якої температури пилових частинок розміром більше 0,3 мкм широко застосовується мокре пиловловлювання.

При мокрому пиловловленні в апараті створюється хмара з дрібнодисперсних водяних крапель, або рідинні плівки. Пилові частинки осідають на поверхні крапель або плівки рідкої фази: великі пилові фракції - під дією сил інерції, дрібні - в результаті броунівського руху. Останнє характерно для пилових частинок розміром до 1 мкм, що володіють малою гравітаційною масою, внаслідок чого пилові частки не прилипають до поверхні крапель рідини, а огинають їх [2].

При мокрому пиловловлюванні одночасно відбувається і охолодження високотемпературних газових потоків.

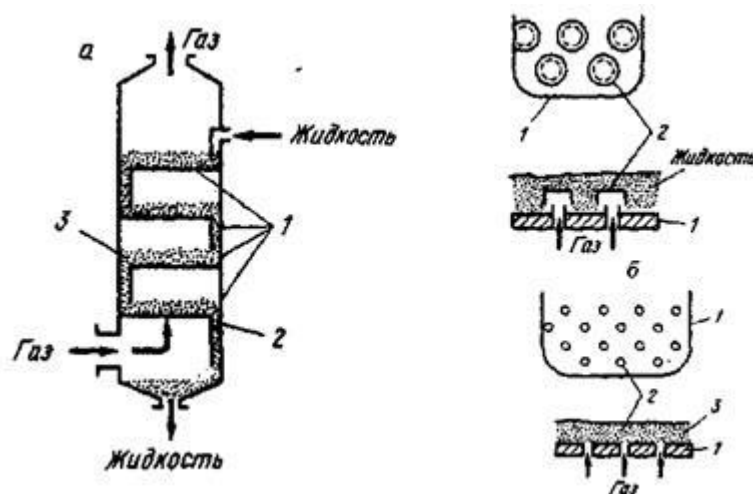


Рисунок 1.3 — Будова скрубера-водонагрівача

Істотною перевагою скрубера є не тільки ефективне очищення від пилових частинок, але і вловлювання з технологічних газів газоподібних домішок (SO_2 , H_2S , Cl_2 , HCl , HF та інших).

1.2 Основні типи та принцип роботи скруберів

Принцип роботи скрубера був - в загальному розумінні і практичному застосуванні - розроблений ще на початку-середині 19-го століття. Мокре пиловловлення здійснюється за рахунок електростатичних і дифузійних сил, що виникають, так чи інакше, як результат турбулентності потоку, що очищується [3].

Газоповітряне середовище подається в нижню частину скрубера по вхідному патрубку. Піднімаючись по корпусу пристрою під дією тиску, забруднений газ або повітря зустрічає на своєму шляху один або кілька зрошувальних ярусів, які шляхом форсуночного розпилення води (або хімічних реагентів, сорбентів) різними способами осаджують небажані або шкідливі домішки. Одночасно з очищенням відбувається охолодження потоку.

Очищений і охолоджений газоповітряний потік виходить через верхні відводи і може бути або знову направлений в технологічний вузол, або просто виходити в робоче приміщення або в зовнішнє середовище.

Шлам, обложений в відстійнику, може бути повторно використаний в технологічному циклі або утилізовано іншим чином.

Осові види скрубєрів:

- скрубєр Вєтурі;
- барботажний скрубєр;
- орошуваний циклон;
- напівсухі та сухі скрубєри.

Найвідомішим з скрубєрів є скрубєр Вєтурі. Відкритий в 1740-му році закон Бернуллі обґрунтував і показав, що коли потік рідкої або газоподібного середовища проходить через перетин труби, що звужується (в даному випадку - корпусу агрегату), його тиск падає, а швидкість - пропорційно зростає [4].

Саме це рівняння Бернуллі, (а також відкритий на його базисі ефект Вєнтурі), і лягли в основу принципової схеми однойменного мокрого скрубєра.

Цей же метод лежить в основі принципу дії швидкісного газоомивача, в якому потік розганяється до швидкостей в 150 м / с і вище проходженням через т.зв. сопло Лавалє.

Газові або повітряні середовища аеродинамічно розганяються в трубці Вєнтурі за рахунок перепаду діаметрів перетинів труби і стикаються з розпилюваною водою чи іншою промивною рідиною. Висока швидкість і турбулентність потоку, що виникає у вузькій частині труби Вєнтурі, сприяє ефективній взаємодії і осадженню середньо- і крупнодисперсних домішок на частинки аерозолу. Після того, як аерозоль з "захопленими" їм домішками надходить в перетин корпусу пристрою, що розширюється, швидкість потоку падає, а мікрочастинки аерозолу формують більш великі краплі. Краплі затримуються сепаратором, а очищений потік виходить з пиловловлювача через верхні відводи.

Обложений в колекторі шлам, в залежності від складу і технологічної придатності, може бути утилізований або знову направлений в виробничий цикл за допомогою системи рециркуляції.

Скруберні системи Вентурі особливо ефективні в якості первинних ступенів пилогазоочистки. Використання цього принципу популярне в гірничій справі, видобутку золота, промиванні пісків, гравітаційному збагаченні корисних копалин. Агрегати такого типу представляють серію барабанних скрубєров "бутарі".

1.3 Зрошувальні скрубєри з насадками

Для отримання більших активних поверхонь теплообміну між газом та рідиною у скрубєрах використовуються колони з різноманітними насадками, наприклад: кільця Рашига, кокс, дерев'яні рейки у вигляді хордових насадок з металевою стружкою та інші. На рисунку 1.4 представлені різні види насадок для скрубєра.

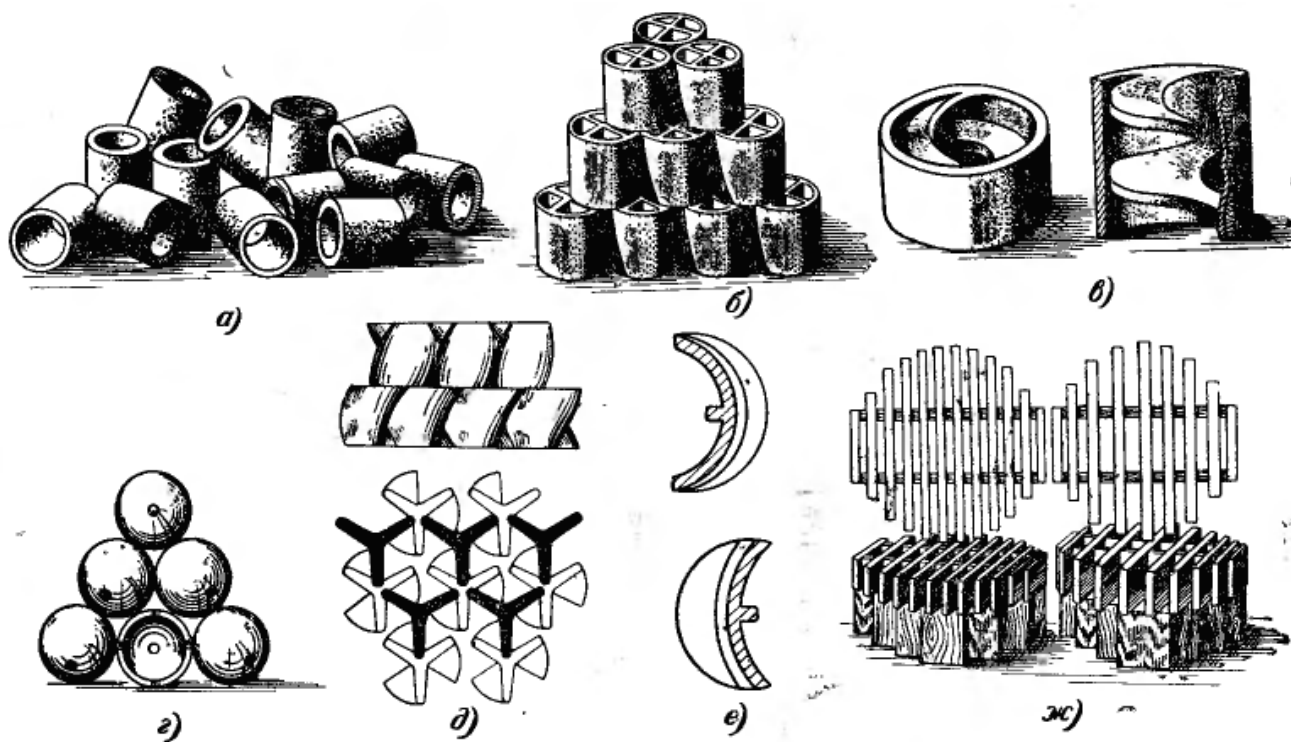


Рисунок 1.4 – Насадки для зрошувальних скрубєрів

Відповідно порядку розміщення насадок на рисунку представлені наступні насадки:

- кільця Рашига;
- два види колець з перегородками;
- кулі;
- пропеллерна насадка;
- сідловидна насадка;
- хордова насадка.

На рисунку 1.5 більш детально розглянемо характеристики найпопулярніших насадок для скруберів.

Характеристика насадок

Вид насадки	Размер элемента насадки, мм	Поверхность в единице объема S , м ² /м ³	Свободный объем $V_{св}$, м ³ /м ³	Объемный вес насадки, кг/м ³	Приведенный диаметр, $d_r = 4V_{св}/S$, м
Кольца Рашига (керамические, беспорядочно лежащие)	15×15×2	330	0,7	690	0,0085
	25×25×3	200	0,74	530	0,015
	35×35×4	140	0,78	505	0,022
	50×50×5	90	0,785	530	0,035
Кольца Рашига керамические (правильно уложенные)	50×50×5	110	0,735	650	0,027
	80×80×8	80	0,72	670	0,036
	100×100×10	60	0,72	670	0,048
Кольца Рашига стальные (беспорядочно лежащие)	8×8×0,3	630	0,9	780	—
	10×10×0,5	500	0,88	960	—
	15×15×0,5	350	0,92	660	—
	25×25×0,8	220	0,92	640	—
	50×50×1	110	0,95	430	—
Кокс	25	120	0,53	600	0,018
	40	85	0,55	590	0,026
	75	42	0,58	550	0,055
Кварц	25	120	0,37	1 600	0,012
	40	85	0,43	1 450	0,02
	75	42	0,46	1 380	0,044
Хордовая насадка (деревянная — см. рис. 2-10)	10×100 (шаг в свету 10)	100	0,55	210	0,022
	10×100 (шаг в свету 20)	65	0,68	145	0,040
	10×100 (шаг в свету 30)	48	0,77	110	0,064
	10×100 (шаг в свету 40)	35	0,88	85	0,090

Рисунок 1.5 – Характеристики різних насадок для скруберів

У режимі емульгування інтенсивність тепло та масообміну досягає максимального значення, одночасно відбувається накопичування рідини та коли вся насадка затоплюється рідиною, відбувається так зване захлинання та починається викид рідини з колонни. При проектуванні скруберів приймають робочу швидкість трохи меншу за швидкість емульгування, за якої відбувається інверсія, або піновидне перемішування фаз [5].

Як видно з рисунка, усі насадки зроблені з різних матеріалів, мають різні розміри, характеристики, об'єм, діаметр та площу поверхні. Це різноманіття робить задачу підбору насадки до скрубера дуже важливою та водночас важкою.

1.4 Переваги та недоліки використання скруберів

Серед очевидних переваг слід відзначити наступні:

- малий розмір установок, зручність розміщення на виробництві: невеликі розміри апаратів результуюча в менші капіталовкладення при високій мобільності конструкцій в порівнянні з агрегатами такий же продуктивності, але іншого типу дії;
- відсутність вторинних джерел пилу і забруднення: одного разу упаковані в бункер, відходи легко транспортуються без будь-яких витоків;
- можливість роботи з високонасиченими і високотемпературними потоками: немає проблем з конденсацією і температурними обмеженнями (як, наприклад, в електростатичних аналогах або рукавних фільтрах);
- максимальна пожежо- та вибухобезпечність: присутність рідкого середовища зводить до мінімуму можливість детонації або займання в скрубері;
- універсальність: можливість роботи як з газоподібними хімічними, так і з механічними забруднювачами різних фракцій.

Недоліки використання скруберів:

- проблеми з корозією: в процесі роботи можуть утворюватися висококоррозійні кислотні розчини (проблема вирішується футеровкою робочих частин корпусу);

— потрібне гарне і високостабільне електропостачання установок: ефективність захоплення твердих частинок досягається тільки при високих перепадах тиску, що призводить до відчутних експлуатаційних витрат на електроенергію;

— забруднення води (актуально для великих промислових комплексів): для задоволення вимог по очищенню стічних вод може знадобитися зведення окремих очисних споруд або спеціальних відстійників;

— ускладнений вихід побічного продукту з шламу: дегідратація і осушення скрубберного шламу роблять витяг корисного продукту для повторного використання досить трудомістким.

Висновки до розділу 1

В даному розділі було розглянуто поставлену задачу для виконання магістерської роботи, теоретичні відомості пов'язані з предметною областю, а саме сферу використання скрубберів-водонагрівачів, їх види та принцип роботи та характеристики насадок для скрубберів.

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ВОДОНАГРІВАЧІВ

У даному розділі будуть розглянуті аналоги програмного забезпечення для розрахунку або діагностики водонагрівачів та проведений аналіз їх відмінних та спільних рис.

2.1 Програмне забезпечення ScrubMaster

ScrubMaster — це програмне забезпечення для діагностики та проектування роботи скрубєрів, яка допомагає дизайнерам технологічних процесів або операторам заводів модернізувати існуючі башти для очищення та абсорбції газоповітряних середовищ.

Дане програмне забезпечення поєднує стандартні методи хімічного машинобудування, фізики та хімії розчинів з моделями тепло та масопередачі, розробленими протягом багатьох років у партнерстві між Fluid Technologies (Environmental) Ltd. та Osprey Environmental Technologies Ltd. Результат — це дуже точний метод прогнозування для використання професійними інженерами теплоенергетичних процесів або керівниками заводів та операторами, які потребують більш детальної інформації про функціональність та можливості роботи їх обладнання.

Очевидною перевагою даного програмного забезпечення для кваліфікованого користувача є економія сотень годин ручного обчислення та можливість проводити діагностику обладнання за лічені хвилини.

На рисунку 2.1 представлено можливі варіанти роботи додатку.

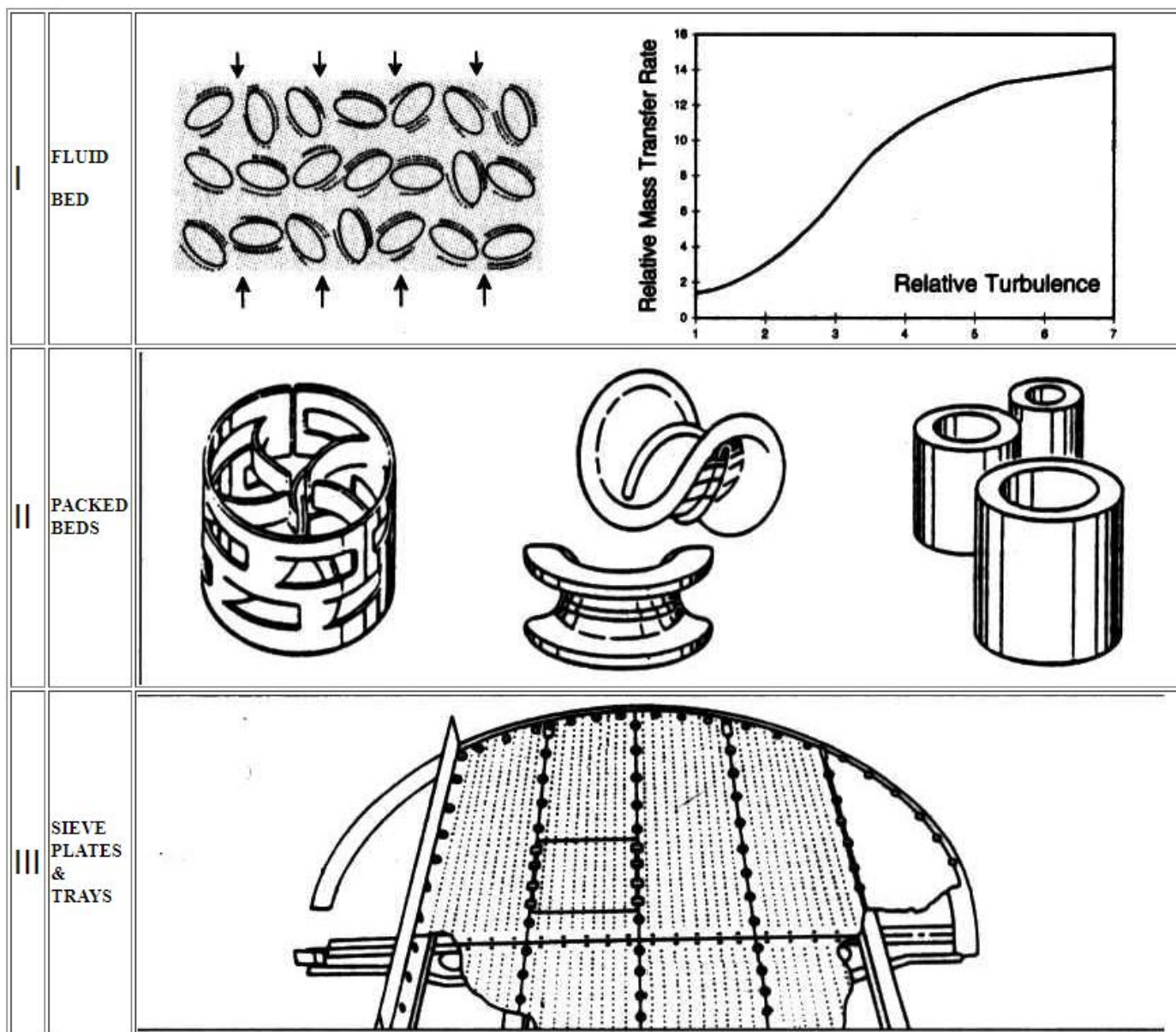


Рисунок 2.1 – Можливі варіанти роботи програмного забезпечення
ScrubMaster

Програма може бути встановлена, застосовуючи або Британську імперську систему вимірювання або системи інтернаціональну для забезпечення максимальної зручності використання для професійних інженерів або операторів заводів, які звикли працювати з тією чи іншою системою вимірювання. Наразі додаток доступний у 16-ти та 32-бітному форматі. Розглянемо деякі елементи користувацького інтерфейсу додатку. На рисунку 2.2 зображено панель симуляції роботи водонагрівача.

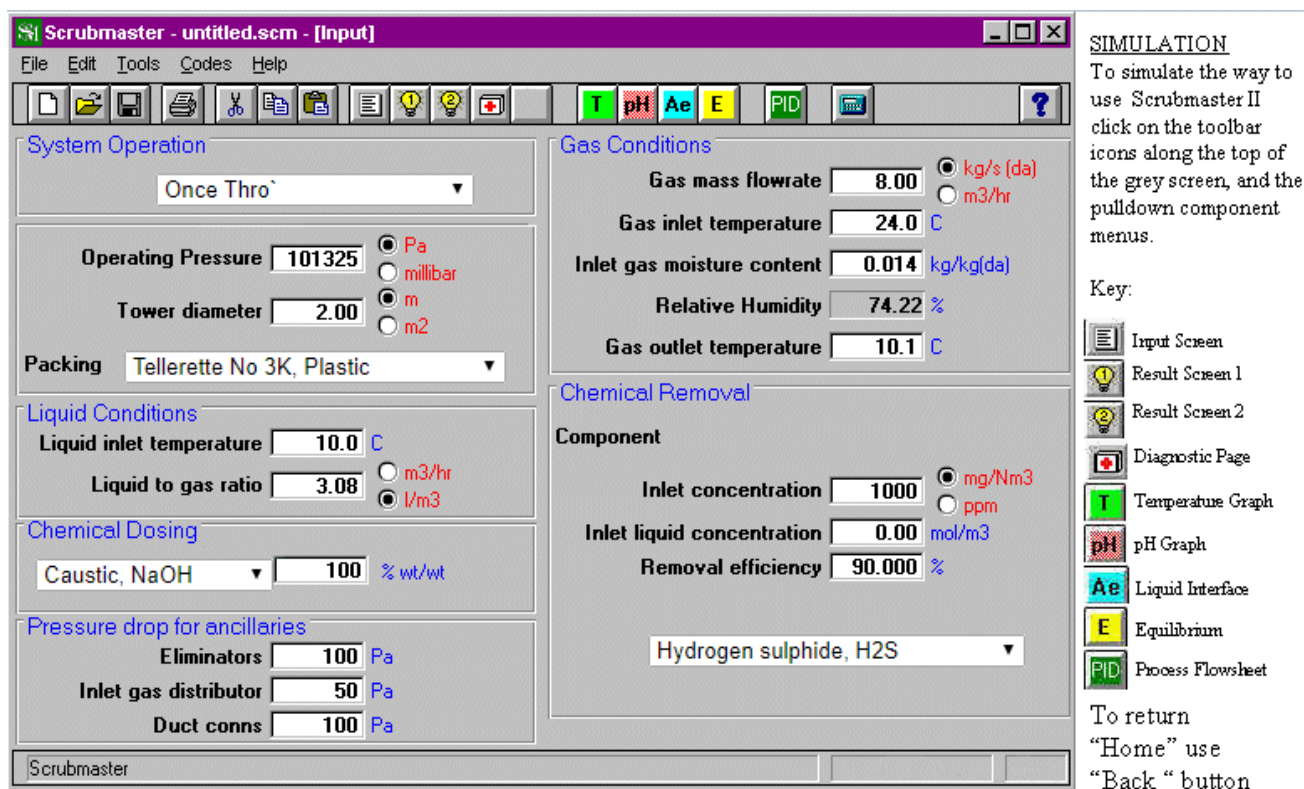


Рисунок 2.2 – Панель симуляції роботи водонагрівача у ScrubMaster

На даному екрані можна виставити основні параметри роботи системи очищення промислових газів, такі як:

- тиск;
- діаметр башти;
- температура води;
- вміст газу у воді;
- температура газу на вході;
- температура газу на виході;
- відносна вологість;
- концентрація домішок;
- тип домішок.

Проблемою даної симуляції є відсутність можливості врахувати розміри скрубера та передбачити використання насадки для нього. Головною функцією даного програмного забезпечення, за словами розробників, є панель діагностики вже

встановленого скрубера. Розглянемо сторінку діагностики, що зображена на рисунку 2.3.

Scrubmaster - DEMOGRPH.SCM - [Diagnostics]

File Edit Tools Codes Help

Inputs for an existing tower

Existing packing height m Measured pressure drop Pa

Reporting

Ratio Actual/Predict Bed Ht Ratio Actual/Predict Press Drop

Conclusions

Predicted Flooding	<input type="text" value="50"/> %	OK	Measured HTU	<input type="text" value="0.498114"/>	In Range
Wetting Factor	<input type="text" value="2.80764"/>	OK	Pressure Drop		In Range
Loading Criterion	<input type="text" value="2318"/> Pa	OK	Prediction of Loading		OK
Flooding Criterion	<input type="text" value="3566"/> Pa	OK	Wetting Criterion		OK
Pressure Drop Rate	<input type="text" value="701"/> Pa/m				

Good efficiency_high wetting. perfect operation but consider lower liquid

Scrubmaster

Рисунок 2.3 – Панель діагностики роботи водонагрівача у ScrubMaster

Дана панель призначена для прогнозування різних процесів під час роботи скрубера та аналізу його ефективності, за введеними даними вона може передбачувати наступні параметри:

- передбачення затоплення;
- коефіцієнт зволоження;
- критерій завантаження;
- коефіцієнт падіння тиску.

Також дане програмне забезпечення має можливість відображати графічні результати діагностики, наприклад відношення рівноважного та барометричного тиску у башті в залежності від висоти положення газу (рисунок 2.4).

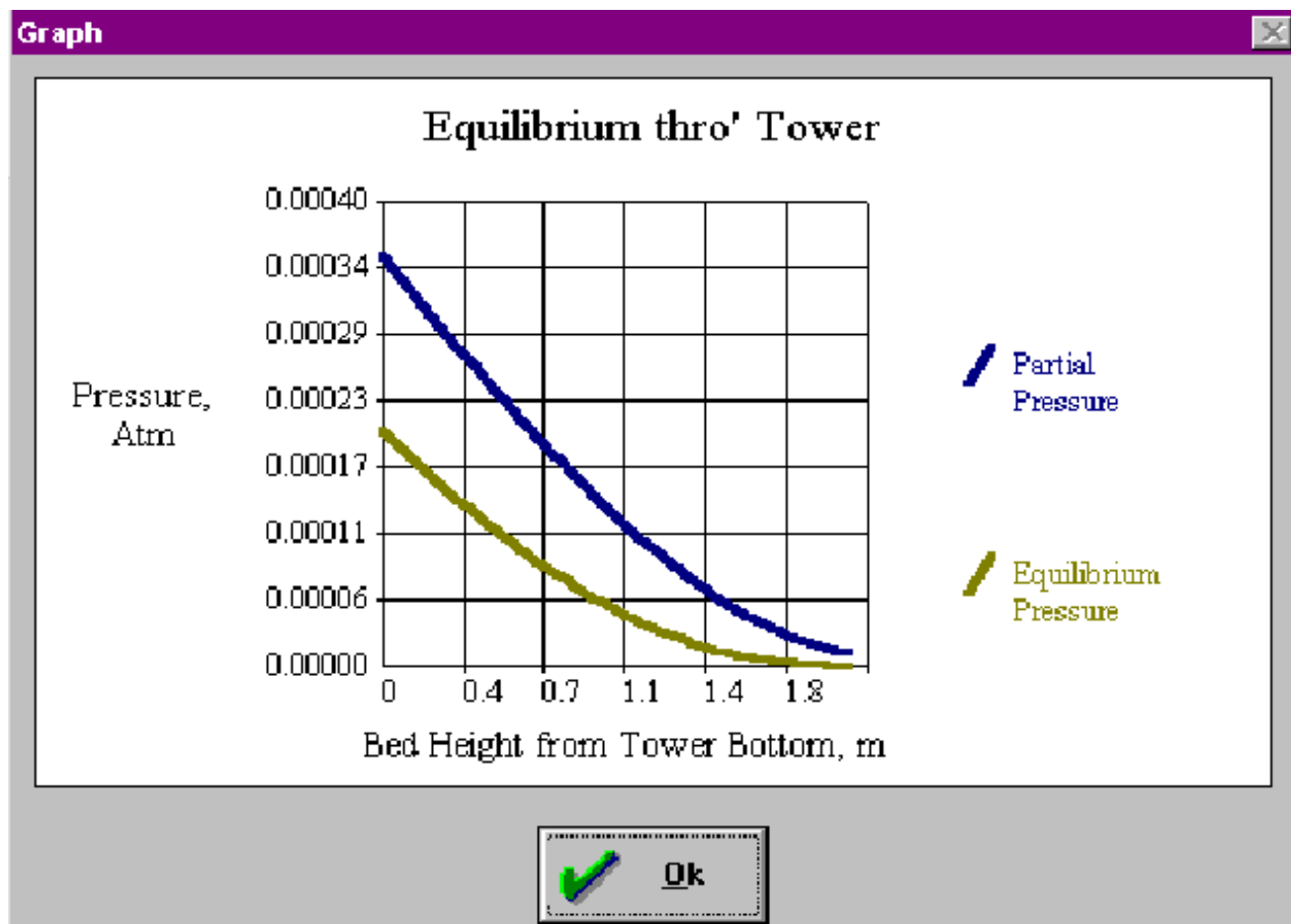


Рисунок 2.4 – Графічне відображення діагностики

2.2 Програмне забезпечення Cyclone

Cyclone – це програмне забезпечення для проектування та моделювання газових процесів у циклонах. Циклон - це очисник повітря, що використовується в промисловості, а також в деяких моделях пирососів для очищення газів або рідин від зважених часток. Принцип очищення - інерційний (з використанням відцентрової сили), а також гравітаційний. Циклонні пиловловлювачі складають найбільш масову групу серед даних видів апаратури і застосовуються у всіх галузях промисловості. Розглянемо зображення циклонного пиловловлювача (рисунок 2.5).

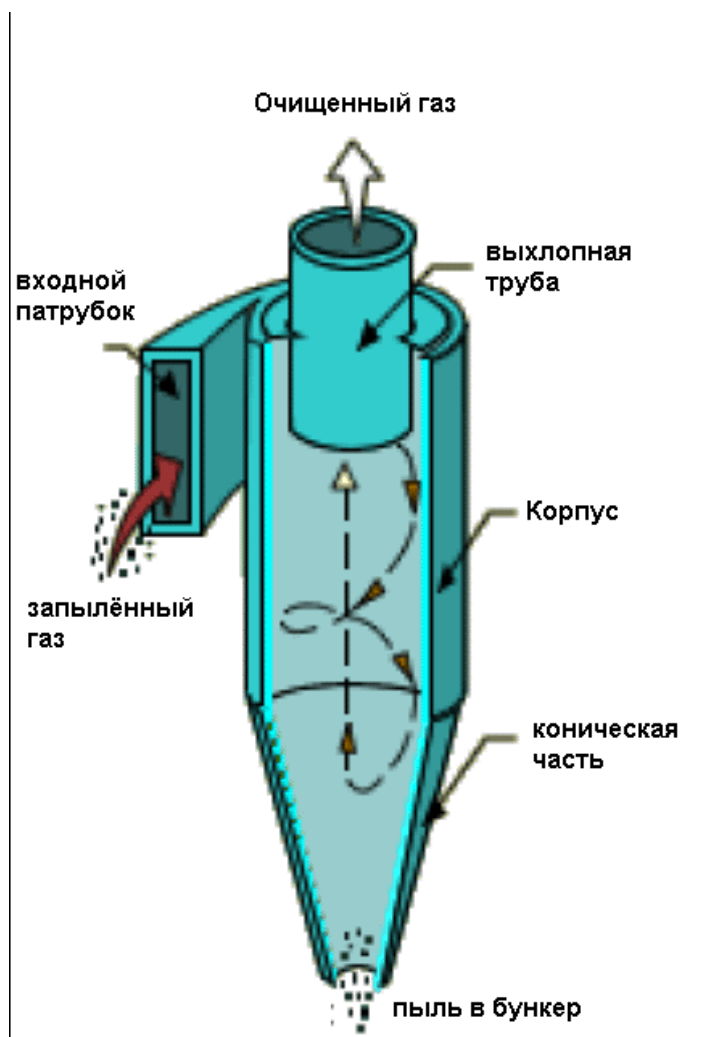


Рисунок 2.5 – Схематичне зображення циклонного пилевловлювача

Компанія Sysmates, що створила це програмне забезпечення визначає наступні переваги свого програмного продукту:

- зручне програмне забезпечення для навчального та промислового використання;
- проектування та моделювання сепараторів циклонних газів / твердих циклонів;
- розрахунок ефективності для відомої геометрії;
- розрахунок геометрії для бажаної ефективності.

Розглянемо функціональність даного програмного забезпечення (рисунок 2.6, 2.7).

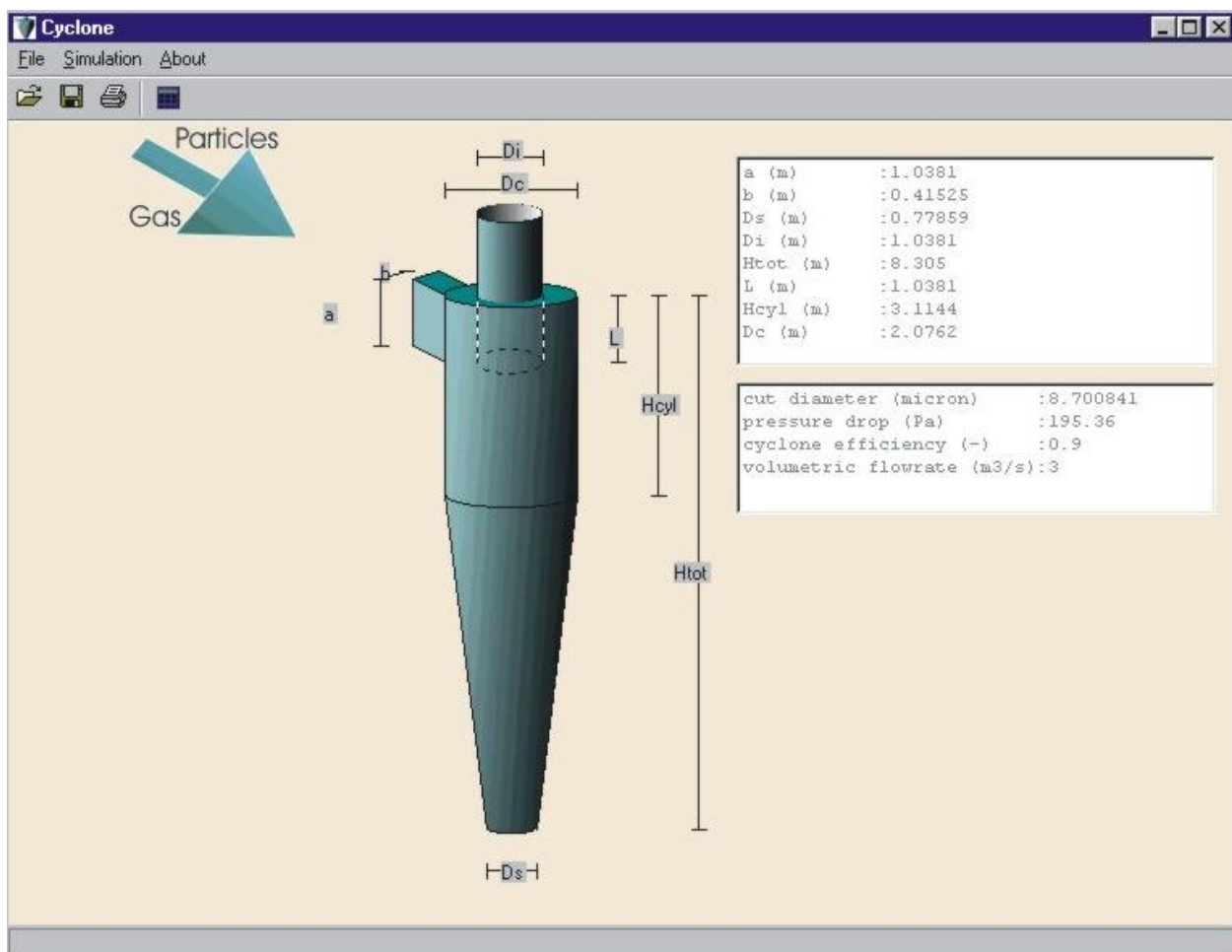


Рисунок 2.6 – Головний екран програмного забезпечення Cyclone

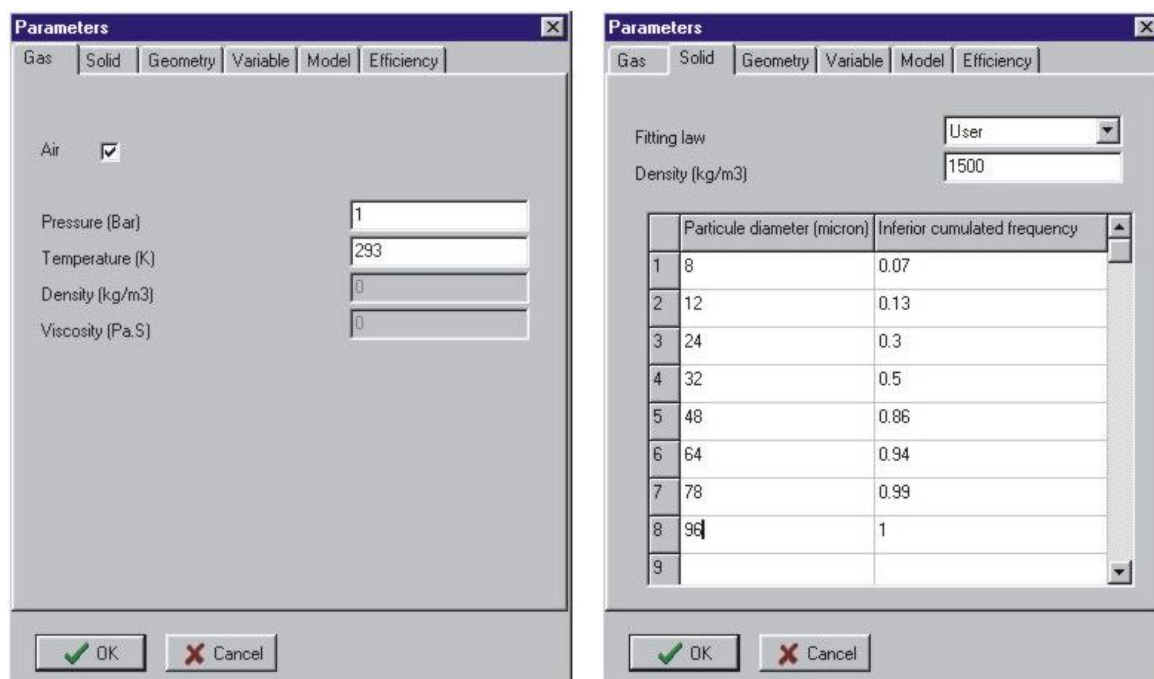


Рисунок 2.7 – Форма введення параметрів розрахунків програмного забезпечення Cyclone

Після введення параметрів розрахунку у формі на рисунку 2.7, програмне забезпечення запустить процес симуляції та розрахує наступні параметри:

- розміри циклона;
- ефективність циклона, в залежності від розміру частинок;
- падіння тиску в циклоні;
- сила повітряного потоку;
- діаметр розрізу циклона.

Проблема даного програмного забезпечення полягає в тому, що воно працює лише з циклонами, які є набагато простішими за своєю будовою ніж скрубери.

2.3 Порівняльна характеристика аналогів

Розглянемо переваги розробленого програмного продукту перед існуючими аналогами:

- розроблена програмна система є кросплатформенним веб додатком, що, на відміну від аналогів, дозволяє користуватися додатком використовуючи будь-який пристрій, маючи лише доступ до мережі інтернет;
- вирішення задач, що допомагають обрати скрубер, для вирішення поставленого завдання;
- можливість адміністрування користувачів за допомогою адмін панелі;
- додаток є повністю безкоштовним;
- зручний користувацький інтерфейс, створений у стилі матеріального дизайну.

Недоліки розробленого програмного забезпечення перед аналогами:

- відсутність можливості симуляції роботи водонагрівача;
- відсутність можливості діагностики вже встановленого скрубера.

Висновки до розділу 2

В даному розділі було розглянуто існуючі аналоги програмного забезпечення, описано їх можливості, принципи роботи, а також їх переваги та недоліки. Проведена порівняльна характеристика з розробленим програмним забезпеченням.

3 ЗАСОБИ РОЗРОБКИ

При розробці програмного продукту важливим чинником є правильний вибір технологій та засобів програмної реалізації, що впливає на час розробки, якість, надійність та швидкість роботи продукту. Програмний продукт було розроблено на основі MEAN стеку. MEAN — це безкоштовний стек програмного забезпечення JavaScript з відкритим кодом для створення динамічних веб-сайтів та веб-додатків.

Стек MEAN — це MongoDB, Express.js, AngularJS (або Angular) та Node.js. Оскільки всі компоненти програм підтримки MEAN стеків, написані на JavaScript, додатки MEAN можуть бути написані однією мовою як для серверів, так і для клієнтів [6].

Складовими стеку MEAN є:

- MongoDB, база даних NoSQL;
- Express.js, фреймворк для веб-додатків, що працює на Node.js;
- Angular.js або Angular, MVC фреймворк;
- Node.js — це JavaScript платформа для серверної розробки.

Стеку MEAN може породжувати ряд схожих на нього стеків шляхом зміни одного або декількох компонентів стеку подібними (частіше за все, на основі JavaScript) фреймворками. Наприклад: замінивши у стеці MEAN фронтенд фреймворк Angular на MVC JavaScript фреймворк Ember.js, отримаємо MEEN стек.

Front-end частина додатку реалізована за допомогою мови програмування TypeScript (Angular). Back-end частина за допомогою Node.js (Express.js).

В якості бази даних було обрано MongoDB. Користувацький інтерфейс виконано за принципами Material Design.

3.1 MongoDB

MongoDB — документо-орієнтована система керування базами даних (СКБД) з відкритим вихідним кодом, яка не потребує опису схеми таблиць. MongoDB

займає нішу між швидкими і масштабованими системами, що оперують даними у форматі ключ/значення, і реляційними СКБД, функціональними і зручними у формуванні запитів [6].

Код MongoDB написаний на мові C++ і поширюється в рамках ліцензії AGPLv3.

MongoDB підтримує зберігання документів в JSON-подібному форматі, має досить гнучку мову для формування запитів, може створювати індекси для різних збережених атрибутів, ефективно забезпечує зберігання великих бінарних об'єктів, підтримує журналювання операцій зі зміни і додавання даних в БД, може працювати відповідно до парадигми Map/Reduce, підтримує реплікацію і побудову відмовостійких конфігурацій. У MongoDB є вбудовані засоби із забезпечення шардінгу (розподіл набору даних по серверах на основі певного ключа), комбінуючи який з реплікацією даних можна побудувати горизонтально масштабований кластер зберігання, в якому відсутня єдина точка відмови (збій будь-якого вузла не позначається на роботі БД), підтримується автоматичне відновлення після збою і перенесення навантаження з вузла, який вийшов з ладу. Розширення кластера або перетворення одного сервера на кластер проводиться без зупинки роботи БД простим додаванням нових машин [6].

Основні можливості MongoDB:

- документо-орієнтоване сховище (проста та потужна JSON-подібна схема даних);
- досить гнучка мова для формування запитів;
- динамічні запити;
- повна підтримка індексів;
- профілювання запитів;
- швидкі оновлення "на місці";
- ефективне зберігання бінарних даних великих обсягів, наприклад, фото та відео;
- журналювання операцій, що модифікують дані в БД;

- підтримка відмовостійкості і масштабованості: асинхронна реплікація, набір реплік і шардінг;
- може працювати відповідно до парадигми MapReduce.

3.2 Node.js

Node.js — платформа з відкритим кодом для виконання високопродуктивних мережових застосунків, написаних мовою JavaScript. Засновником платформи є Раян Дал (Ryan Dahl). Якщо раніше Javascript застосовувався для обробки даних в браузері користувача, то node.js надав можливість виконувати JavaScript-скрипти на сервері та відправляти користувачеві результат їх виконання. Платформа Node.js перетворила JavaScript на мову загального використання з великою спільнотою розробників [7].

Node.js має наступні властивості:

- асинхронна одно-нитева модель виконання запитів;
- неблокуючий ввід/вивід;
- система модулів CommonJS;
- рушій JavaScript Google V8.

Для керування модулями використовується пакетний менеджер npm (node package manager).

Платформа Node.js призначена для виконання високопродуктивних мережових застосунків, написаних мовою програмування JavaScript. Платформа окрім роботи із серверними скриптами для веб-запитів, також використовується для створення клієнтських та серверних програм.

В платформі використовується розроблений компанією Google рушій V8.

Для забезпечення обробки великої кількості паралельних запитів у Node.js використовується асинхронна модель запуску коду, заснована на обробці подій в неблокуючому режимі та визначенні обробників зворотніх викликів (callback). Як способи мультиплексування з'єднань підтримується `epoll`, `kqueue`, `/dev/poll` і `select`. Для мультиплексування з'єднань використовується бібліотека `libuv`, для створення

пулу нитей (thread pool) задіяна бібліотека `libeio`, для виконання DNS-запитів у неблокуючому режимі інтегрований `c-ares`. Всі системні виклики, що спричиняють блокування, виконуються всередині пулу нитей і потім, як і обробники сигналів, передають результат своєї роботи назад через неіменовані канали (pipe) [7].

3.3 Express.js

Express.js, або просто Express — програмний каркас розробки серверної частини веб-застосунків для Node.js, реалізований як вільне і відкрите програмне забезпечення під ліцензією MIT. Він спроектований для створення веб-застосунків і API. Де-факто є стандартним каркасом для Node.js. Автор фреймворка, TJ Holowaychuk, описує його як створений на основі написаного на мові Ruby каркаса Sinatra, маючи на увазі, що він мінімалістичний, але має велику кількість плагінів, що підключаються [9].

Express виступає бекендом фреймворком для програмного стеку MEAN, разом з базою даних MongoDB і фреймворком AngularJS для фронтенду.

Express — це найпопулярніша веб-структура Node і є базовою бібліотекою для ряду інших популярних веб-фреймворків Node. Він забезпечує механізми:

- написання обробників запитів за різними URL-адресами (маршрутами);
- інтегрування з програмними засобами візуалізації, щоб генерувати відповіді, вставляючи дані в шаблони;
- встановлення загальних параметрів веб-додатків, як порт, який буде використовуватися для з'єднання, та розташування шаблонів, які використовуються для надання відповіді;
- додавання додаткових "запитів" на обробку запиту.

Хоча сам Express досить мінімалістичний, розробники створили сумісні пакети програмного забезпечення для вирішення практично будь-якої проблеми веб-розробки. Є бібліотеки для роботи з файлами cookie, сеансами, входами користувачів, параметрами URL-адреси, даними POST, заголовками безпеки та багато іншого. Ви можете знайти перелік пакетів програмного забезпечення, що

підтримуються командою Express, на веб-сайті Express Middleware (разом із переліком деяких популярних сторонніх пакетів) [9].

3.4 Angular

Angular (зазвичай так називають фреймворк Angular 2 або Angular 2+, тобто вищі версії) — написаний на TypeScript front-end фреймворк з відкритим кодом, який розробляється під керівництвом Angular Team у компанії Google, а також спільнотою приватних розробників та корпорацій. Angular — це AngularJS, який переосмислили та який був повністю переписаний тією ж командою розробників [10].

Те, що ми зараз називаємо Angular — це насправді перероблений AngularJS, у якому з'явилися наступні нововведення:

- додано Angular CLI, що дає змогу розпочати створення нового додатка, просто написавши команду `ng new [app name]`;
- angular не використовує концепцію "області видимості" або контролерів, натомість як головну архітектурну концепцію він застосовує ієрархію компонентів;
- angular має інакший синтаксис написання виразів, застосовуючи "[]" для біндингу даних властивостей, і "()" для біндингу даних івентів;
- модульність — значна частина основного функціоналу перенесена у модулі.

Angular рекомендує та застосовує розроблену Microsoft мову — TypeScript, що містить такі можливості, як:

- класи, а отже Об'єктно-орієнтоване програмування;
- система типізації;
- узагальнене програмування.

TypeScript — мова програмування, створена на основі ECMAScript 6 (ES6), і є зворотно сумісною зі стандартом ECMAScript 5 (тобто JavaScript). Angular також має наступні ES6-можливості:

- анонімні функції;

- ітератори;
- цикли типу For/Of;
- python-подібні генератори;
- рефлексія;
- динамічне завантаження;
- асинхронна компіляція шаблонів;
- заміна контролерів та `$scope`(області видимості) компонентами та директивами – компонент є директивою з шаблоном;
- ітеративні колбеки завдяки використанню RxJS. RxJS дещо обмежує видимість станів та можливості дебагінгу, але, застосовуючи такі плагіни, як `ngReact` та `ngrx`, це легко вирішується [10].

Висновки до розділу 3

У цьому розділі було розглянуто засоби та технології, що були застосовані для розробки проекту, їх складові частини, функціональні можливості та особливості. Під час розробки використовувалися останні версії усіх фреймворків.

4 ОПИС ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

У цьому розділі розглянемо загальний опис розробленої системи, та особливості програмної реалізації деяких компонентів системи

Програмний продукт являє собою кросплатформенний клієнт-серверний веб-додаток, створений на основі TypeScript фреймворку Angular, для логіки розрахунку користувача та доступу до бази даних на основі Node.js було створено API, що дозволяє швидко обробляти вхідні дані.

4.1 Архітектура програмної системи

Розглянемо базову архітектуру програмної системи (рисунок 4.1).

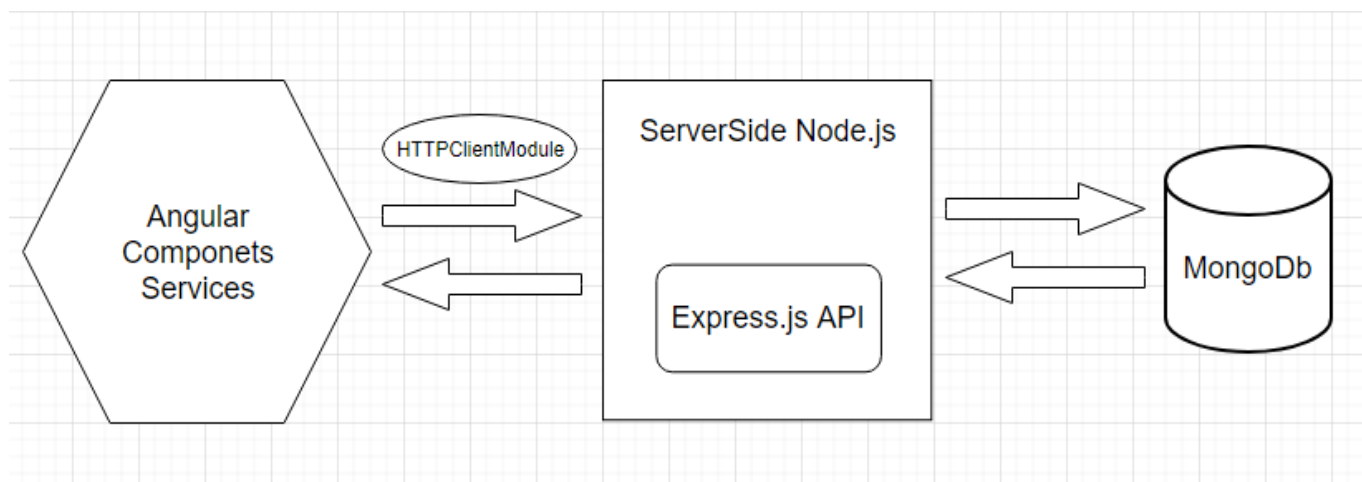


Рисунок 4.1 – Архітектура програмної системи

Front-end частина додатку пов'язана з Back-end частиною за допомогою API сервісу та вбудованого в Angular HTTPClientModule, що надає змогу клієнту відправляти запити на сервер та отримувати від нього відповіді. Під час обрахунку даних на сервері, за необхідності відправляються запити до бази даних. Підключення до бази даних реалізовано за допомогою рядка підключення до віддаленої бази даних MongoDB та бібліотеки MongoDB, що забезпечують ініціалізацію підключення.

4.2 Авторизація та автентифікація

Особливу увагу під час розробки додатку було приділено авторизації та автентифікації, адже необхідно було реалізувати два користувацьких інтерфейси для користувача та адміністратора, які матимуть доступ до різних компонентів системи. Перш за все необхідно було продумати як зберігати пароль користувача та яким чином авторизовувати адміністратора системи.

Після реєстрації дані про користувача записуються у базу даних, а пароль шифрується за допомогою RSA шифрування і у виді хешу записується до бази даних. RSA — це одна з перших криптосистем з відкритим ключем і широко використовується для безпечної передачі даних. У такій криптосистемі ключ шифрування є загальнодоступним і відрізняється від ключа дешифрування, який зберігається в секреті (приватний).

Користувач RSA створює, а потім публікує відкритий ключ на основі двох великих простих чисел разом з допоміжним значенням. Прості номери повинні зберігатися в таємниці. Будь-який користувач може використовувати відкритий ключ для шифрування повідомлення, але розшифрувати повідомлення може лише той, хто знає прості номери. Порушення шифрування RSA відоме як проблема RSA. Чи це не так складно, як проблема факторингу, залишається відкритим питанням. Наразі немає опублікованих методів перемоги над системою, якщо використовується достатньо великий ключ.

RSA є порівняно повільним алгоритмом, і через це його рідше використовують для прямого шифрування даних користувачів. Найчастіше RSA передає зашифровані спільні ключі для симетричної криптографії ключа, що, в свою чергу, може виконувати операції масового шифрування-дешифрування з набагато більшою швидкістю.

На сервері логіка шифрування пароллю реалізована за допомогою бібліотеки bcrypt. Авторизація користувача проходить за допомогою перевірки ролей користувачів, що записані у базі даних користувачів. Розглянемо схему бази даних (рисунок 4.2).

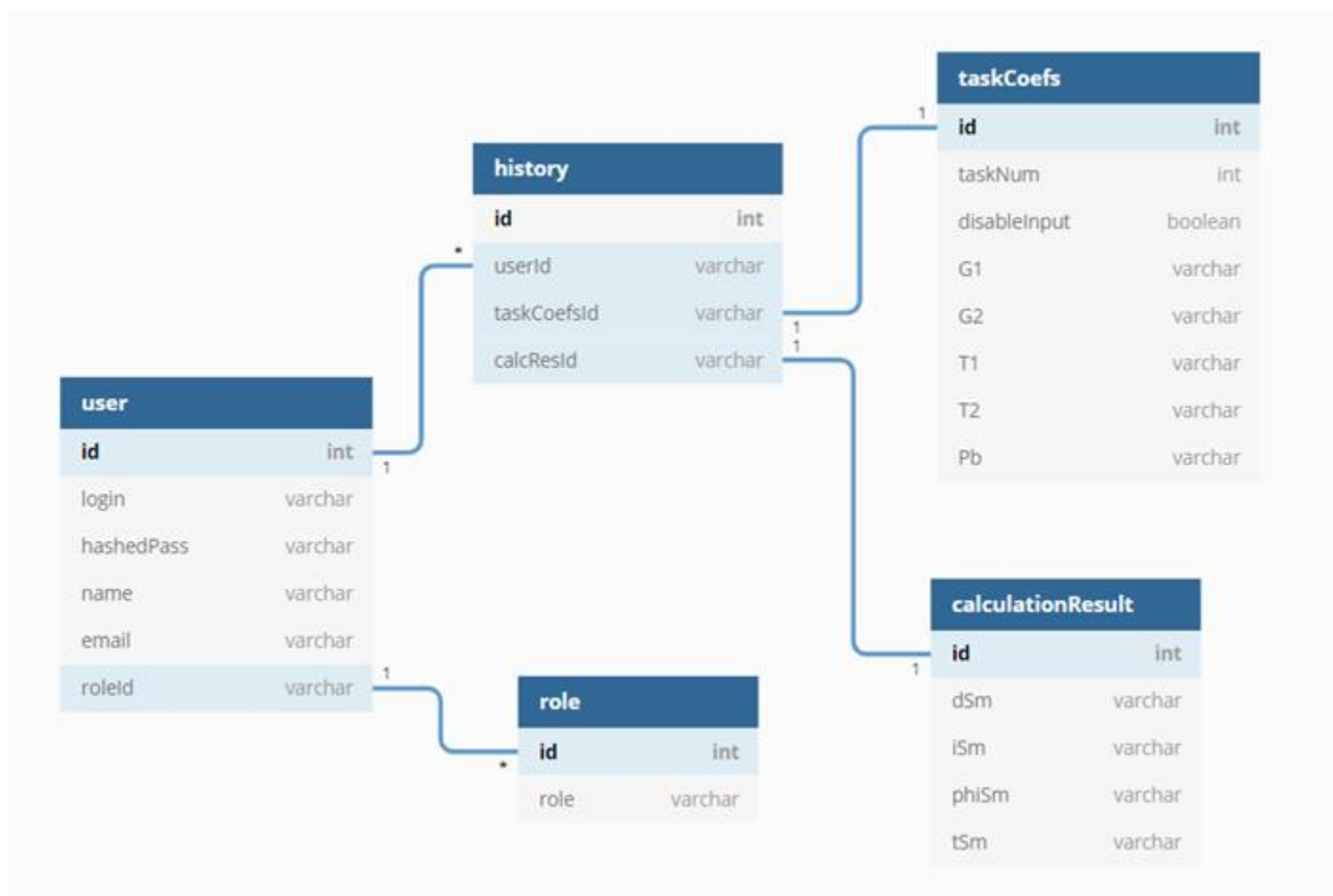


Рисунок 4.2 – Схема бази даних

Таблиця **user** зберігає у собі ролі користувача, що використовуються для авторизації адміністратора. Авторизацію реалізовано за допомогою Angular Guard. Guards, або “захисники”, це сутності в Angular, що дозволяють обмежити навігацію по визначених маршрутах. Наприклад, якщо для доступу до певного ресурсу потрібна наявність аутентифікації або наявність якихось інших умов, в залежності від яких ми можемо надати користувачеві доступ, а можемо і не надати.

4.3 Розрахунок задачі обрахунку параметрів повітря в скрубєрі

Задача розрахунку параметрів повітря в скрубєрі полягає у визначенні параметрів повітря після змішування двох об’ємів повітря в результаті рециркуляції у двох скрубєрах. Вхідними даними цієї задачі є маса повітря, температура повітря та відносна вологість повітря для двох скрубєрів.

В основі розрахунку даної задачі лежить I-d діаграма вологого повітря. I-d-діаграма вологого повітря — це діаграма, яка часто використовується в розрахунках систем, пов'язаних з кондиціонуванням, вентиляцією, осушенням та іншими процесами, пов'язаними зі зміною вологості повітря (рисунок 4.3).

Ця діаграма призначена для того, щоб графічно пов'язати параметри, що описують тепловологий стан повітря, а саме: ентальпію, вологемкість, температуру, відносну вологість та парціальний тиск водяної пари. Діаграма побудована в косокутній системі координат, що дозволяє розширити область ненасиченого вологого повітря і робить діаграму зручною для графічних побудов. По осі ординат діаграми відкладені значення ентальпії I , кДж/кг сухої частини повітря, по осі абсцис, спрямованої під кутом 135° до осі I , відкладені значення вологемкості d , г/кг сухої частини повітря. Поле діаграми розбите лініями постійних значень ентальпії $I = \text{const}$ і вологемкості $d = \text{const}$. На нього нанесені також лінії постійних значень температури $t = \text{const}$, які не є паралельними між собою, чим вище температура вологого повітря, тим більше відхиляються вгору його ізотерми. Крім ліній постійних значень I , d , t , на поле діаграми нанесені лінії постійних значень відносної вологості повітря $\phi = \text{const}$. У нижній частині I-d-діаграми розташована крива, що має самостійну вісь ординат. Вона пов'язує вологемкість d , г/кг, з пружністю водяної пари P_p , кПа. Вісь ординат цього графіка є шкалою парціального тиску водяної пари P_p [11].

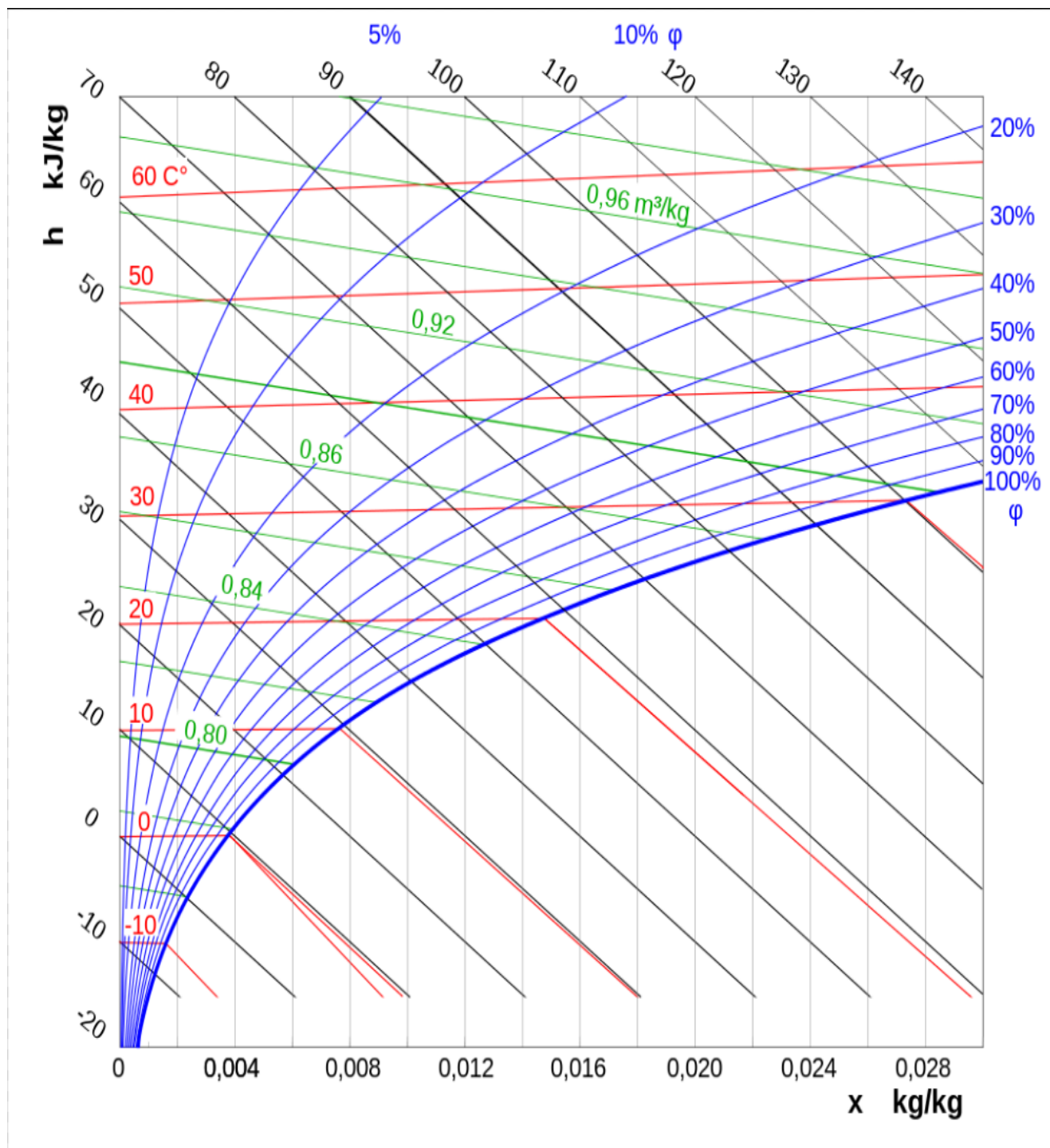


Рисунок 4.3 – I-d діаграма вологого повітря

Для того, щоб вирішити дану задачу, спочатку необхідно вирішити задачу програмного знаходження вологоємкості та питомої ентальпії з I-d діаграми за відомими параметрами. Для розрахунку параметрів вологого повітря використовуються чотири основні рівняння. Першим з яких є рівняння для

визначення парціального тиску насиченої водяної пари над поверхнею води. Розглянемо формулу знаходження цієї величини:

$$P_{\text{н}} = 0,6112 \exp\left(\frac{\alpha t}{\beta t}\right) \quad (4.1)$$

де $\alpha_{\text{в}}$, $\beta_{\text{в}}$ – постійні для води, $\alpha_{\text{в}} = 17,504$, $\beta_{\text{в}} = 241,2$ °C.

Другим основним рівнянням для розрахунку параметрів вологого повітря є розрахунок відносної вологості повітря. Відносна вологість – це відношення парціального тиску водяної пари до рівноважного тиску пари води при заданій температурі. Відносна вологість залежить від температури та тиску системи, що розглядається. Залежність відносної вологості від температури проявляється таким чином, що однакова кількість водяної пари призводить до вищої відносної вологості в прохолодному повітрі, ніж у теплому [12]. Рівняння, за допомогою якого можна знайти значення парціального тиску насиченої водяної пари виглядає наступним чином:

$$\varphi = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{н}}} 100\% \quad (4.2)$$

де $P_{\text{п}}$ – парціальний тиск, $P_{\text{н}}$ – парціальний тиск насиченої водяної, розрахований у виразі (4.1).

Наступним рівнянням є розрахунок вологоємності повітря. Вологоємністю називають масу водяної пари у вологому повітрі, яка припадає на 1 кг маси його сухої частки. Для розрахунку цього параметру вологого повітря нам знадобиться розрахувати значення парціального тиску насиченої водяної пари [13]. Скористаєшся формулою (4.2) та виразивши з неї парціальний тиск, за відомої відносної вологості, ми легко знаходимо тиск, і тепер можемо підставити отримане значення у формулу знаходження вологоємності повітря:

$$d = 621,98 \frac{P_n}{P_6 - P_n} \quad (4.3)$$

де P_6 – барометричний тиск.

Останнім рівнянням, що допоможе нам розрахувати першу задачу є рівняння розрахунку питомої ентальпії вологого повітря. Для розрахунку використаємо дану формулу:

$$i = 1,006t + \frac{d}{1000} (2501 + 1,805t) \quad (4.4)$$

де t – температура повітря.

Ентальпія – це функція стану термодинамічної системи, яка визначається як сума внутрішньої енергії U і добутку тиску P на об'єм V . Замість екстенсивної величини ентальпії часто використовують наступний вираз $h = \frac{H}{m}$, що являє собою відношення величини ентальпії до маси тіла, який називається питомою ентальпією. Питома ентальпія - це кількість теплоти, що міститься у вологому повітрі при заданій температурі і тиску, що припадає на 1 кг сухого повітря. Питому ентальпію можна представляти графічно у вигляді діаграмми Мольте. На діаграмі криві (ізобари) для різних значень тиску задають функцію $h = \frac{H}{m}$ [14]. Великий практичний інтерес представляє діаграма Мольте для води / водяної пари, схематично зображена на рисунку 4.4: сині лінії - ізобари, зелені - ізотерми. Область нижче червоної кривої відповідає двофазному середовищу пари та води. У цій області червоні лінії відповідають різним значенням величини x - масової частки водяної пари - і перетинаються в критичній точці К, а ізобари співпадають з ізотермами і є прямими лініями.

У багатьох випадках (але тільки не в якості термодинамічного потенціалу), ентальпію системи зручно представляти у вигляді функції $H = H(P, T)$ від тиску P і температури T . Щоб отримати вираз для диференціала ентальпії в змінних T та P диференціал ентропії виражається через dT , dP .

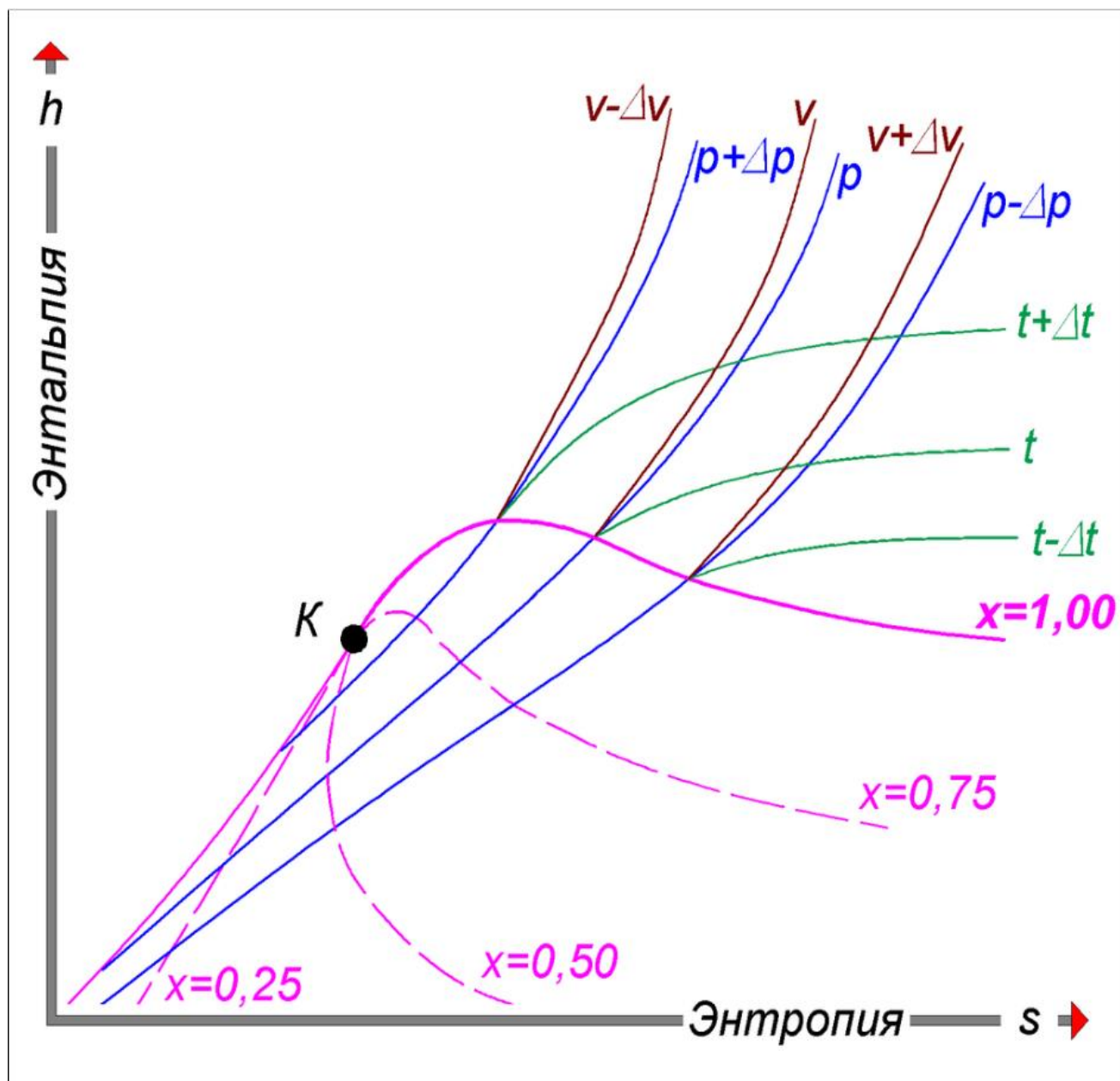


Рисунок 4.4 – Діаграма Молє для води/водяної пари

Питома ентальпія — це кількість теплоти, що міститься у вологому повітрі при заданій температурі і тиску, що припадає на 1 кг сухого повітря. Отримавши необхідні параметри I-d діаграми, можна розпочинати розрахунок поставленої

задачі. Для початку, необхідно знайти коефіцієнт співвідношення мас свіжого та рециркулюючого повітря:

$$n = \frac{G_1}{G_2} \quad (4.5)$$

де G_1 – маса свіжого повітря, G_2 – маса рециркулюючого повітря.

Використавши коефіцієнт з виразу (4.5) розрахуємо вологоємність суміші свіжого та рециркулюючого повітря:

$$d_{cm} = \frac{d_1 + nd_2}{1 + n}$$

де d_1, d_2 – вологоємність свіжого та рециркулюючого повітря, розрахована за вхідними даними системи по формулі (4.3).

Після отримання значення вологоємності суміші нам необхідно розрахувати значення питомої ентальпії суміші свіжого та рециркулюючого повітря. Знаходиться цей параметр за таким самим принципом, що і вологоємність. Формула для її знаходження виглядає наступним чином:

$$I_{cm} = \frac{I_1 + nI_2}{1 + n}$$

де I_1, I_2 – питома ентальпія свіжого та рециркулюючого повітря, розрахована за вхідними даними системи по формулі (4.4).

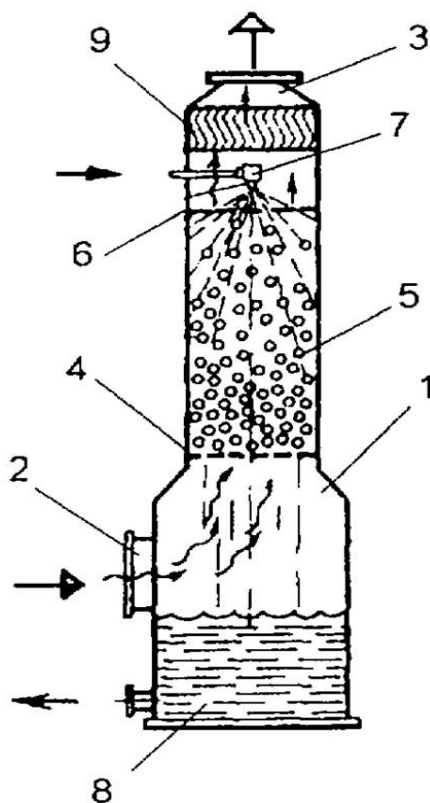
Таким же чином розраховуємо температуру та відносну вологість з вхідними параметрами системи. І отримуємо результуючий набір даних, а саме: вологоємність, ентальпію, температуру та відносну вологість суміші свіжого та рециркулюючого повітря.

Після отримання кінцевих даних розрахунків, сервер запише ці дані, разом з ім'ям користувача та датою розрахунку до бази даних у таблиці історії розрахунків. Усі розрахунки пізніше можна переглянути на сторінці історії розрахунків, маючи права доступу як звичайного користувача, так і адміністратора.

4.4 Розрахунок задачі визначення висоти хордової насадки у скрубєрі

Головною метою цієї задачі є допомога інженерам теплоенергетичних процесів у підборі необхідного обладнання. Результатами обчислення є не лише висота хордової насадки, а і діаметр скрубєра та об'єм хордової насадки, що задовольняють почтаковим умовам задачі та гарантують коректну роботу скрубєра при введених параметрах.

Розглянемо схематичний приклад скрубєра з насадочним шаром (рисунк 4.5).



Фиг. 1

Рисунок 4.4 – Насадочний скрубєр

Розглянемо вхідні дані, що необхідні для вирішення задачі:

- ентальпія повітря на вході;
- ентальпія повітря на виході;
- прямотік повітря;
- початкова температура води;
- кінцева температура води;
- площа поверхні насадки;
- вільний об'єм насадки;
- еквівалентний діаметр насадки.

Перейдемо до процесу розрахунку даної задачі. Перш за все, необхідно визначити кількість тепла, яку віддає повітря у скрубєрі, для цього можемо скористатися відповідною формулою:

$$Q = L(I_1 - I_2) \quad (4.6)$$

де L – прямотік повітря, I_1, I_2 – ентальпія повітря на вході та виході зі скрубєра.

Тепер, за допомогою формули (4.6) ми зможемо визначити витрати охолоджуючої води у скрубєрі:

$$G = \frac{Q}{c(t_2'' - t_2')} \quad (4.7)$$

де c – питома теплоємність води, t_2'', t_2' – початкова та кінцева температура води у скрубєрі.

Наступним кроком є визначення оптимальної швидкості повітря у скрубєрі. Для цього нам спочатку потрібно знайти густину та в'язкість вологого повітря, для цього скористаємося наступними формулами:

$$\rho_{\text{вл}} = \rho_0 \frac{T_0 B}{B_0 T} \left(1 - \frac{0,378 \varphi p_{\text{нас}}}{B}\right) \quad (4.8)$$

де $\rho_0 = 1,293$ – густина сухого повітря за нормальних умов, $T_0 = 273\text{К}$ – нормальна температура.

Для розрахунку в'язкості повітря нам спочатку необхідно розрахувати вагові концентрації пари та повітря. Для розрахунку вагової концентрації вологої пари скористаємося наступною формулою:

$$x_{\text{п}} = \frac{d_{\text{ср}}}{1000 + d_{\text{ср}}} \quad (4.9)$$

Вагову концентрацію повітря розрахуємо виходячи з значення вагової концентрації пари з виразу (4.9). Формула виглядає наступним чином:

$$x_{\text{в}} = 1 - x_{\text{п}} \quad (4.10)$$

Тепер, знаючи значення вагових концентрацій води та пари ми можемо розрахувати в'язкість вологого повітря, підставивши у відповідну формулу значення розрахованих виразів (4.9) та (4.10). Отримаємо таку формулу:

$$\mu_{\text{вл}} = \frac{1}{\frac{x_{\text{п}}}{\mu_{\text{п}}} + \frac{x_{\text{в}}}{\mu_{\text{в}}}} \quad (4.11)$$

де $\rho_0 = 1,293$ – густина сухого повітря за нормальних умов, $T_0 = 273\text{К}$ – нормальна температура.

Тепер, розрахувавши значення густини та в'язкості вологого повітря, підставимо вираз (4.8) та (4.11) у формулу для розрахунку оптимальної швидкості повітря у скрубєрі. Отримаємо наступний вираз:

$$A_r = \frac{d_e^3 \rho_{\text{вл}} (\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{вл}}) g}{\mu_{\text{вл}}^2} \quad (4.12)$$

де d_e – еквівалентний діаметр насадки, $\rho_{\text{ж}} = 997 \text{ кг/м}^3$ – густина води, $g = 9.8 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння, $\mu_{\text{вл}}$ – в'язкість вологого повітря.

Визначивши оптимальну швидкість повітря та витрати охолоджувальної води ми маємо можливість розрахувати критерій Рейнольдса. Число Рейнольдса — це безрозмірна величина, що являється критерієм подібності у гідродинаміці. У фізичному сенсі, число Рейнольдса є мірою співвідношення інерції, що діє в потоці, до його в'язкості [15].

Підставивши вирази (4.7) та (4.12) визначимо критерій Рейнольдса за наступною формулою:

$$Re' = 0,045 A_r^{0,57} \frac{G}{L} \quad (4.13)$$

Тепер ми маємо усі невідомі, для того, щоб розрахувати оптимальну швидкість газу. Підставимо вирази (4.8), (4.11) та (4.13) у наступну формулу, щоб отримати цей параметр руху газу по скрубєру:

$$w_{\text{опт}} = \frac{Re' \mu_{\text{вл}}}{d_{\text{э}} \rho_{\text{вл}}} \quad (4.14)$$

На даному етапі розрахунків ми вже можемо розрахувати один з результуючих параметрів задачі, а саме діаметр скрубєра. Цей параметр є дуже

важливим, адже допоможе інженерам прийняти рішення щодо того, чи доцільно використовувати один скруббер для їх виробництва, чи вигідніше використати декілька, для того щоб провести рециркуляцію повітря між ними та збільшити ефективність очистки газів. Для розрахунку діаметра скруббера нам залишалося визначити лише його питомий об'єм за наступною формулою:

$$v = \frac{1}{\rho_{\text{вл}}} \quad (4.15)$$

Тепер, для визначення діаметру скруббера ми можемо підставити вирази (4.7) та (4.15), щоб отримати дану формулу:

$$D = \sqrt{\frac{4Gv}{\omega\pi 3600}} \quad (4.16)$$

де $\omega = 1,5 \text{ м/с}$ – швидкість повітря у довільному перетині скруббера.

Оскільки рух газу та орошувальної рідини через шар насадки характеризується критерієм Рейнольдса для газу, то необхідно сформулювати чітку послідовність для розрахунку його значення. Перш за все, для розрахунку цього критерію нам необхідно отримати значення кінематичної в'язкості. Зробимо це за допомогою наведеної формули:

$$v_{\text{вл}} = \frac{\mu}{\rho} \quad (4.17)$$

Кінематична в'язкість відображає властивість рідини протидіяти переміщенню однієї частини відносно іншої, але враховує їхню масу. Кінематичною в'язкістю називають відношення динамічної в'язкості μ до густини рідини ρ .

Маючи необхідний параметр кінематичної в'язкості, підставляємо вираз (4.17) у формулу для знаходження критерія Рейнольдса для газу та отримуємо наступне рівняння:

$$Re_{вл} = \frac{\omega d_{\Xi}}{v_{вл}} \quad (4.18)$$

Для подальшого розрахунку коефіцієнту теплопередачі нам знадобиться коефіцієнт Прандтля. Число Прандтля - це один з критеріїв подібності теплових процесів в рідинах і газах, який враховує вплив фізичних властивостей теплоносія на тепловіддачу. Розглянемо характеристики числа Прандтля. Число Прандтля є фізичною характеристикою середовища і залежить тільки від її термодинамічного стану.

У газів число Прандтля зі зміною температури практично не змінюється (для двохатомних газів $Pr \geq 0,72$, для трьох-і багатоатомних газів $0,75 \leq Pr \leq 1$).

У неметалічних рідин число Прандтля змінюється зі зміною температури тим значніше, чим більше в'язкість рідини (наприклад, для води при 0°C $Pr = 13,5$, а при 100°C $Pr = 1,74$; для трансформаторного масла при 0°C $Pr = 886$, при 100°C $Pr = 43,9$ і т. д.). Для розчину солі у воді при н. у. $Pr = 6,7$.

У рідких металів $Pr \leq 1$ і не так сильно змінюється з температурою (наприклад, для натрію при 100°C $Pr = 0,0115$, при 700°C $Pr = 0,0039$ [16]).

Для того, щоб розрахувати коефіцієнт Прандтля нам знадобиться розрахувати теплоємність суміші та теплопровідність вологого повітря. Розглянемо формули для їх розрахунку.

Підставивши вирази (4.9) та (4.10) отримаємо наступну формулу для розрахунку теплоємності суміші:

$$c_{в.л} = c_{п}x_{п} + c_{в}x_{в} \quad (4.19)$$

де $c_{п}$ – питома теплоємність пари, $c_{в}$ – питома теплоємність повітря

Тепер розглянемо формулу для розрахунку теплопровідності вологого повітря. Для розрахунку цієї величини нам для початку необхідно отримати значення об'ємного вмісту пари та об'ємного вмісту повітря у суміші.

Виведемо формулу для розрахунку об'ємного вмісту пари у суміші, яка виглядає наступним чином:

$$\varepsilon_{п} = \frac{d}{622 + d} \quad (4.20)$$

Розрахунок об'ємного вмісту повітря у суміші витікає з виразу (4.20), формула для його розрахунку виглядає наступним чином:

$$\varepsilon_{в} = 1 - \varepsilon_{п} \quad (4.21)$$

Тепер ми можемо підставити вирази (4.20) та (4.21) у формулу для розрахунку теплопровідності вологого повітря та отримати:

$$\lambda_{в.л} = 1,05(\lambda_{п}\varepsilon_{п} + \lambda_{в}\varepsilon_{в}) \quad (4.22)$$

Розрахувавши усі необхідні параметри та підставивши вирази (4.8), (4.17), (4.19) та (4.22) у формулу для розрахунку критерію Прандтля отримаємо:

$$Pr_{\text{вл}} = \frac{v_{\text{вл}}}{a_{\text{вл}}} = \frac{v_{\text{вл}} c_{\text{вл}} \rho_{\text{вл}}}{\lambda_{\text{вл}}} = \frac{\frac{\mu}{\rho} \cdot (c_{\text{п}} x_{\text{п}} + c_{\text{в}} x_{\text{в}}) \cdot \rho_0 \frac{T_0 B}{B_0 T} (1 - \frac{0,378 \varphi p_{\text{нас}}}{B})}{1,05(\lambda_{\text{п}} \varepsilon_{\text{п}} + \lambda_{\text{в}} \varepsilon_{\text{в}})} \quad (4.23)$$

Для подальших розрахунків нам необхідно знайти коефіцієнт теплопередачі.

Коефіцієнт теплопередачі показує, яка кількість теплоти переходить в одиницю часу від більш нагрітого до менш нагрітого теплоносія через 1м^2 теплообмінної поверхні при різниці температур між теплоносіями 1К . Зазвичай виражається в $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, в довідниках також може приводитися величина потоку за одну годину [17].

Для визначення даного коефіцієнту нам знадобиться безліч параметрів, зокрема коефіцієнт Рейнольдса для рідини та середня концентрація суміші. Розглянемо формули для розрахунку цих величин.

Щоб розрахувати коефіцієнт Рейнольдса для рідини необхідно отримати значення щільності зрошення. Цей показник є дуже важливим у роботі скрубера, адже при недостатній щільності зрошення і неправильної організації подачі рідини, поверхня насадки може бути змочена не повністю. Але навіть частина змоченої поверхні практично не бере участі в процесі масопередачі зважаючи на наявність застійних зон рідини або нерівномірного розподілу газу по перетину колони. Прийнято вважати, що для скрубєрів існує деяка мінімальна ефективна щільність зрошення $U_{\text{мін}}$ вище якої всю поверхню насадки можна вважати змоченою.

Підставивши у рівняння значення витрати охолоджувальної води, яку ми розраховували у виразі (4.6), ми зможемо отримати рівняння для розрахунку щільності зрошення:

$$H_{\omega} = \frac{4G}{\pi D^2 \rho_{\text{ж}}} \quad (4.24)$$

Тепер ми маємо усі невідомі параметри для розрахунку критерію Рейнольдса для рідини. Розглянемо рівняння його знаходження:

$$Re_{\text{ж}} = \frac{H_{\omega} d_{\text{в}}}{3600 v_{\text{ж}}} \quad (4.25)$$

де $v_{\text{ж}}$ – в'язкість води.

Для знаходження значення коефіцієнта теплопередачі залишилося визначити значення середньої концентрації праи у суміші. Формула для її знаходження виглядає наступним чином:

$$X = \frac{X_{\text{п}} - X_{\text{в}}}{\ln \frac{X_{\text{п}}}{X_{\text{в}}}} \quad (4.26)$$

У виразах (4.13), (4.18), (4.22) (4.23), (4.26) ми отримали усі необхідні значення для розрахунку коефіцієнту теплопередачі, тепер можемо розглянути формулу для знаходження цього коефіцієнту:

$$\alpha = 0,0024 \frac{\lambda}{d_{\text{э}}} Re_{\text{в.л}}^{0,7} Pr_{\text{в.л}}^{0,33} Re_{\text{ж}}^{0,7} (1 + \xi X) \quad (4.27)$$

Для визначення об'єму насадки скрубера необхідно знати не лише коефіцієнт теплопровідності, а і коефіцієнт змочення.

Розглянемо залежність коефіцієнту змочування від щільності зрошування для різних насадок (рисунок 4.5)

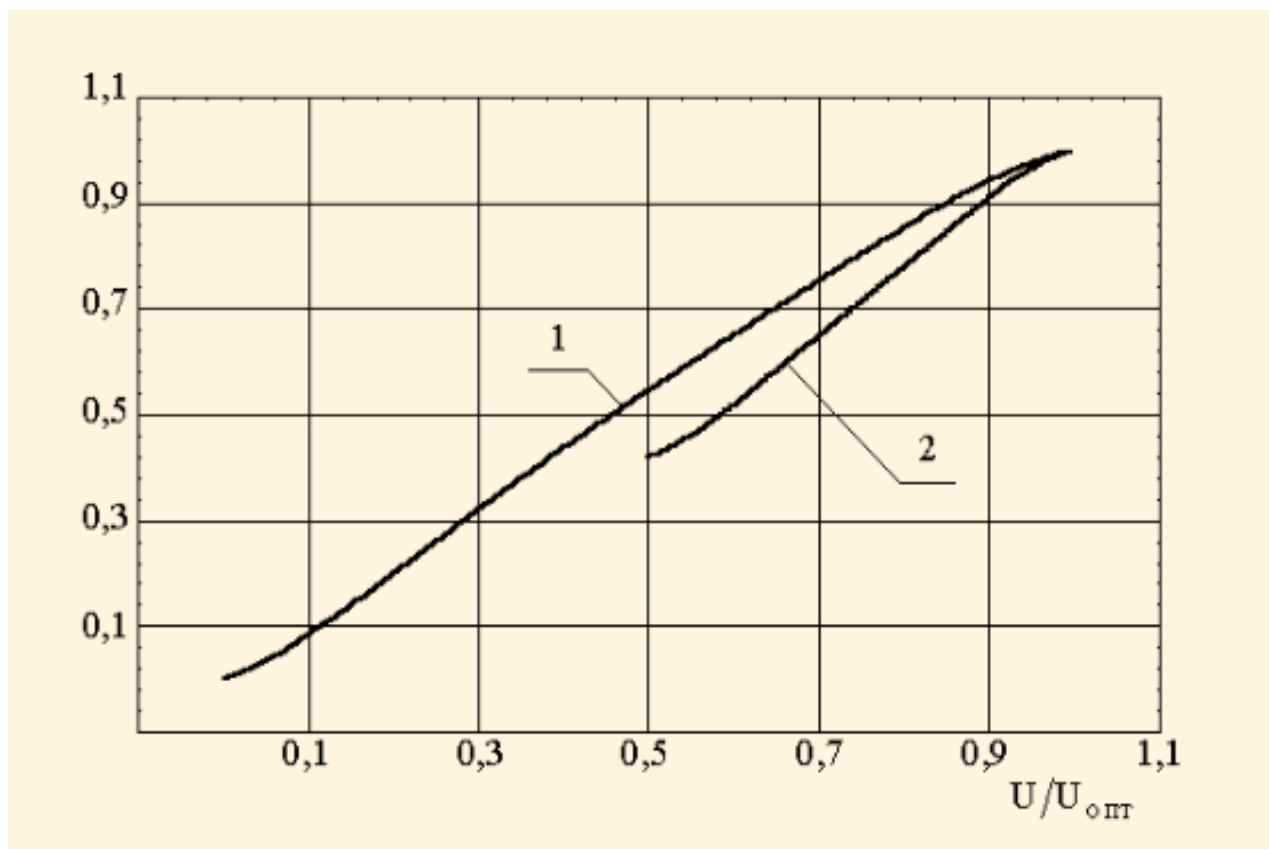


Рисунок 4.5 – Графік залежності коефіцієнту змочування від щільності зрошення

В процесі недостатнього зрошення не вся поверхня насадки змочується рідиною, в зв'язку з цим у процесі масообміну приймає участь не вся поверхня насадки. Це явище враховується коефіцієнтом змочування. Максимальне змочування насадки ($\psi = 1$) досягається за деякої оптимальної щільності зрошення H_{ω} . Збільшуючи щільність зрошення коефіцієнт змочення залишатиметься незмінним і дорівнюватиме одиниці [18].

На рисунку 4.5 можемо наочно спостерігати зміну коефіцієнту змочування по осі X в залежності від зміни щільності зрошення для двох різних типів насадок. Під номером 1 на графіку відображений процес з насадкою з колець Рашига, а під номером 2 зображено дерев'яну хордову насадку.

Для розрахування коефіцієнту змочення необхідно вирахувати значення функції зрошення. Розглянемо значення функції щільності зрошення в залежності від значення щільності зрошення (рисунок 4.6).

Значения функции плотности орошения $f(H_w)$

$H_w, \text{ м}^2/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	1	2	4	6	8	10	15	20	30	40	60
$f(H_w)$	24	15	9,8	7,5	6,6	6,0	5,3	4,8	4,4	4,2	3,8

Рисунок 4.6 – Таблица деяких значень функції щільності зрошення

Розглянемо формулу визначення коефіцієнта змочення:

$$\varphi = \frac{\sqrt[3]{S}}{f(H_w)} \quad (4.28)$$

де S – вільний об'єм насадки.

Після розрахунку коефіцієнта змочення, підставивши вираз (4.24) в якості аргумента функції щільності зрошення ми можемо розрахувати об'єм насадки скрубера за наступною формулою:

$$V_c = \frac{Q}{\alpha \Delta t S \varphi} \quad (4.29)$$

де Δt – середня різниця температур у скрубєрі.

Підставивши у рівняння (4.29) вирази (4.6), (4.27) та (4.28) отримуємо другий результуючий параметр задачі – об'єм насадки для скрубєра.

Останнім параметром, що залишилося розрахувати є висота насадки скрубєра, для її розрахунку нам знадобляться значення діаметру скрубєра та об'єму його насадки, які ми вже розраховували у виразах (4.16) та (4.29) відповідно. Формула для розрахунку висоти насадки скрубєра виглядає наступним чином:

$$h = \frac{4V_c}{\pi D^2}$$

Отже, у результаті проведених розрахунків, інженери теплоенергетичних процесів отримають інформацію про те, насадка якої висоти зможе задовольнити потреби їх системи та отримають значення необхідного діаметра скрубера, об'єму та висоти його насадки.

Висновки до розділу 4

У даному розділі було розглянуто опис програмної реалізації системи, її архітектуру, шляхи реалізації деяких компонентів та покроковий алгоритм розв'язання задач розрахунку параметрів водонагрівача.

5 ОПИС ВИПРОБОВУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

При розробці програмного забезпечення для кінцевого користувача, головний акцент було зроблено на простоті та зручності під час користування програмним забезпеченням, що є ключовим моментом в ході експлуатації будь-якого додатку, саме тому, інтерфейс користувача було вирішено виконати у стилі Material Design.

Матеріальний дизайн — принципи дизайну сайтів, програмного забезпечення і застосунків, а також правила дизайну інтерфейсів для операційної системи Android від компанії Google. Вперше представлений на конференції Google I/O 25 червня 2014 року. Ідея дизайну полягає в інтерфейсі, поведінка і вигляд якого наслідують правила поведінки і вигляду паперових карток в реальному житті. Існує також визначення, що матеріальний дизайн є візуальною чи дизайн мовою [19].

Дослідження, зроблене дизайнерами Google, змінює підхід до інтерфейсу і робить його реальнішим. Інтерфейс перетворюється на живу приємну людині взаємодію. Особливості матеріального інтерфейсу:

- матеріальний дизайн за допомогою системи управління тінями створює візуальну ілюзію простору між застосунком та екраном пристрою;
- була збільшена реалістичність анімації за допомогою прискорення та пригальмовування рухів, пружного стрибання об'єктів;
- розвинулися інтерактивні іконки;
- з'явилася об'єктна хореографія, при якій елементи здатні впливати на сусідні елементи;

5.1 Системні вимоги

Рекомендованими версіями операційних систем для коректної роботи додатку на персональному комп'ютері є Windows 7, Windows 8 та Windows 10. Для найкращої роботи додатку на планшетах та мобільних телефонах рекомендовано

встановлювати останні оновлення ОС. Для запуску програми на вашому персональному комп'ютері або іншому пристрої має бути встановлений веб-браузер.

5.2 Робота користувача з програмною системою

Робота користувача з системою починається з сторінки логіну та реєстрації (рисунок 5.1). Основною проблемою створення аутентифікації користувача був вибір методів шифрування паролів та технології підтвердження логіну.

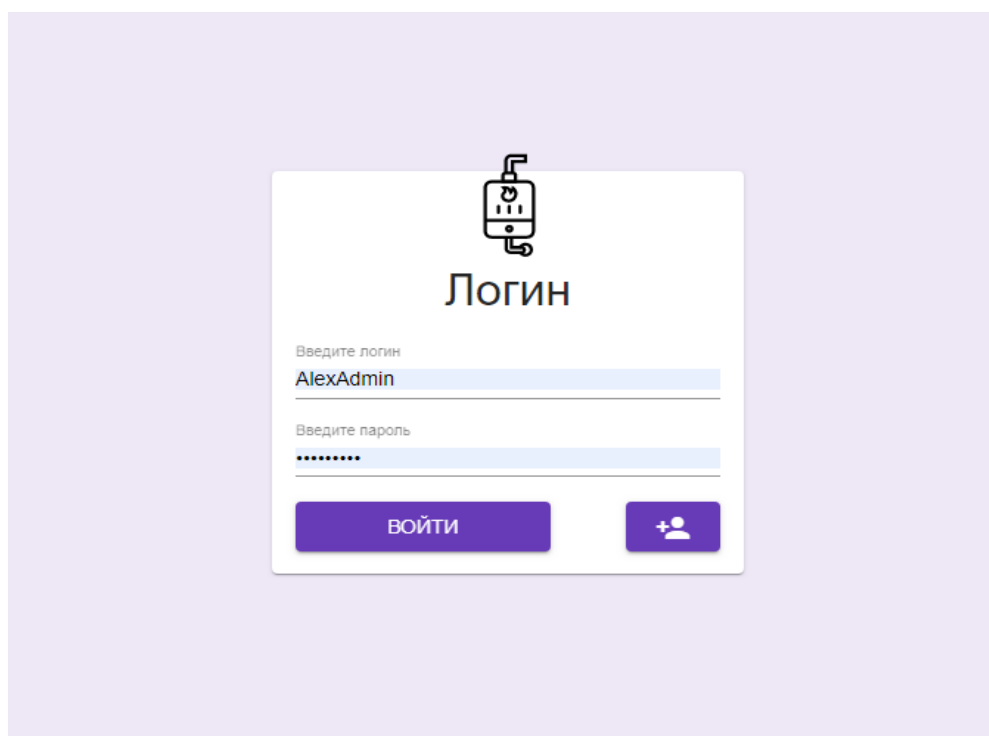


Рисунок 5.1 — Форма логіну

Для хешування паролів було обрано Bcrypt, а підтвердження логіну користувача здійснюється за допомогою JSON Web Token. JSON Web Token це стандарт токена доступу на основі JSON, стандартизованого в RFC 7519. Використовується для верифікації тверджень. Перша частина JWT — рядок, що закодує звичайний JavaScript об'єкт, який описує токен, а також використаний алгоритм хешування. Друга частина JWT формує основу токена. Довжина

корисного навантаження пропорційна кількості даних, збережених у JWT. Загальне правило: зберігати мінімум у JWT. Третя і кінцева частина JWT — підпис, згенерований на основі заголовка та корисного навантаження. Використовується для перевірки JWT [20]. У нашому випадку для отримання JWT було зашифровано ід користувача, за допомогою RSA ключа та алгоритму RS256.

RSA (аббревіатура від прізвищ Rivest, Shamir та Adleman) — криптографічний алгоритм з відкритим ключем, що базується на обчислювальній складності задачі факторизації великих цілих чисел.

Безпека алгоритму RSA побудована на принципі складності факторизації цілих чисел. Алгоритм використовує два ключі — відкритий (public) і секретний (private), разом відкритий і відповідний йому секретний ключі утворюють пари ключів (keypair). Відкритий ключ не потрібно зберігати в таємниці, він використовується для шифрування даних. Якщо повідомлення було зашифровано відкритим ключем, то розшифрувати його можна тільки відповідним секретним ключем [21].

Після успішного логіну користувач переходить на головну сторінку (рисунк 5.2), а сформований JWT зберігається у Cookie браузера, щоб ідентифікувати користувача та автоматично аутентифікувати його при наступному вході.

The screenshot displays the VoilApp web interface. The top navigation bar includes links for 'Расчет', 'Конвертор величин', 'История расчетов', 'История расчетов всех пользователей', and 'Админ'. The main content area is divided into two sections, each with a title and two tabs: 'Данные для расчетов' and 'Графическое представление расчетов'.

Section 1: Определение параметров воздуха втнтри скрубера

Данные для расчетов	Графическое представление расчетов												
При известном барометрическом давлении 99.32kPa	<table border="1"> <tr> <td>Начальная масса воздуха, кг</td> <td>Начальная температура, °C</td> <td>Начальная влажность воздуха, %</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>20</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Конечная масса воздуха, кг</td> <td>Конечная температура, °C</td> <td>Конечная влажность воздуха, %</td> </tr> <tr> <td>3000</td> <td>50</td> <td>50</td> </tr> </table>	Начальная масса воздуха, кг	Начальная температура, °C	Начальная влажность воздуха, %	1000	20	60	Конечная масса воздуха, кг	Конечная температура, °C	Конечная влажность воздуха, %	3000	50	50
Начальная масса воздуха, кг	Начальная температура, °C	Начальная влажность воздуха, %											
1000	20	60											
Конечная масса воздуха, кг	Конечная температура, °C	Конечная влажность воздуха, %											
3000	50	50											

Buttons: 'Расчитать' (blue), 'Очистить форму' (red).

Section 2: Определение высоты хордовой насадки из досок в скруббере

Данные для расчетов	Графическое представление расчетов												
При известной начальной температуре воздуха: 150°C	<table border="1"> <tr> <td>Энтальпия воздуха на входе, кДж/кг</td> <td>Поверхность насадки, м²/м³</td> <td>Начальная температура воды, °C</td> </tr> <tr> <td>418.7</td> <td>45</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Энтальпия воздуха на выходе, кДж/кг</td> <td>Свободный объем насадки, м³/м³</td> <td>Конечная температура воды, °C</td> </tr> <tr> <td>209.35</td> <td>0.5</td> <td>50</td> </tr> </table>	Энтальпия воздуха на входе, кДж/кг	Поверхность насадки, м²/м³	Начальная температура воды, °C	418.7	45	15	Энтальпия воздуха на выходе, кДж/кг	Свободный объем насадки, м³/м³	Конечная температура воды, °C	209.35	0.5	50
Энтальпия воздуха на входе, кДж/кг	Поверхность насадки, м²/м³	Начальная температура воды, °C											
418.7	45	15											
Энтальпия воздуха на выходе, кДж/кг	Свободный объем насадки, м³/м³	Конечная температура воды, °C											
209.35	0.5	50											
И конечной температуре воздуха: 55°C	<table border="1"> <tr> <td>Прямой ток воздуха, кг/ч</td> <td>Эквивалентный диаметр насадки, м</td> </tr> <tr> <td>10000</td> <td>0.045</td> </tr> </table>	Прямой ток воздуха, кг/ч	Эквивалентный диаметр насадки, м	10000	0.045								
Прямой ток воздуха, кг/ч	Эквивалентный диаметр насадки, м												
10000	0.045												

Buttons: 'Расчитать' (blue), 'Очистить форму' (red).

Рисунок 5.2 — Головна сторінка програмного продукту

На головній сторінці програмного продукту розташовано панель навігації, що розташована вгорі сторінки. За її допомогою можна перейти на різні сторінки додатку, що будуть розглянуті далі. Також на верхній панелі розташований елемент керування профілем, при кліку на який, користувач побачить випадаюче меню, за допомогою якого можна вилогуватися з системи та перейти на сторінку додаткових матеріалів.

На сторінці додаткових матеріалів користувач може переглянути теоретичну інформацію про скрубери та скористатися I-d діаграмою.

Повернемося до головної сторінки додатку. На ній розміщені форми для введення вхідних даних для вирішення задач з розрахунку параметрів водонагрівача. Розглянемо форму розрахунку першої задачі (рисунок 5.3).

Данные для расчетов		Графическое представление расчетов	
Начальная масса воздуха, кг	Начальная температура, °C	Начальная влажность воздух...	Расчитать
1000	20	60	
Конечная масса воздуха, кг	Конечная температура, °C	Конечная влажность воздуха, %	Очистить форму
3000	50	50	

Влагосодержание смеси: 33.13 кг/1 кг. с. в.
Энтальпия смеси: 128.49 кДж/кг
Температура смеси: 42.50C
Относительная влажность смеси: 52.50%

Рисунок 5.3 — Форма задачі визначення параметрів повітря у скрубєрі

На рисунку 5.3 можна побачити стан форми вводу початкових даних після розрахунку. Результати розрахунку знаходяться у нижній частині форми. Також користувач має можливість очистити усі елементи введення даних, натиснувши на кнопку “Очистити форму”. Форма розрахунку включає в себе дві вкладки. Перша – сторінка вводу параметрів, а друга – сторінка для перегляду візуалізованих у виді графіка, результатів обчислення (рисунок 5.4), на яку користувач може перейти після розрахунку задачі.



Рисунок 5.4 — Графік візуалізації розрахунку першої задачі

На рисунку 5.4 зображено графік залежності кінцевої температури суміші від зміни початкової та кінцевої температури. Кожен вертикальний сегмент графіку являє собою зміну вхідних параметрів, закон цієї зміни описано на осі X під кожним

з сегментів. Жовта лінія – результуючий графік температури суміші для різних початкових умов. Користувач також має можливість перемикаати параметри для візуалізації розрахунків, змінюючи значення елементу керування, що розташовано над графіком. Другим варіантом графіку розрахунку першої задачі є графік відображення залежності відносної вологості суміші від початкової та кінцевої вологості повітря.

Детальніше розглянемо форму для введення вхідних даних для задачі розрахунку висоти хордової насадки в скрубєрі (рисунок 5.5).

Данные для расчетов		Графическое представление расчетов	
Энтальпия воздуха на входе, кДж/кг 418.7	Поверхность насадки, м ² м³ 45	Начальная температура воды, °C 15	<div>Расчитать</div> <div>Очистить форму</div>
Энтальпия воздуха на выходе, кДж/кг 209.35	Свободный объем насадки, м ³ м³ 0.5	Конечная температура воды, °C 50	
Прямоток воздуха, кг/ч 10000	Эквивалентный диаметр насадки, м 0.045		
Диаметр скрубера: 1.35 м Объем насадки: 2.29 м ³ Высота насадки: 1.59 м			

Рисунок 5.5 — Форма задачі визначення висоти хордової насадки скрубєра

На рисунку 5.5 зображено стан форми розв'язання другої задачі після хх розрахунку. У результаті розрахунку задачі користувач отримує параметри діаметра скрубєра, об'єма та висоти його насадки. Як і для першої задачі, після розрахунку другої задачі користувач може перемкнути вкладку, щоб переглянути графіки розрахунків (рисунок 5.6).

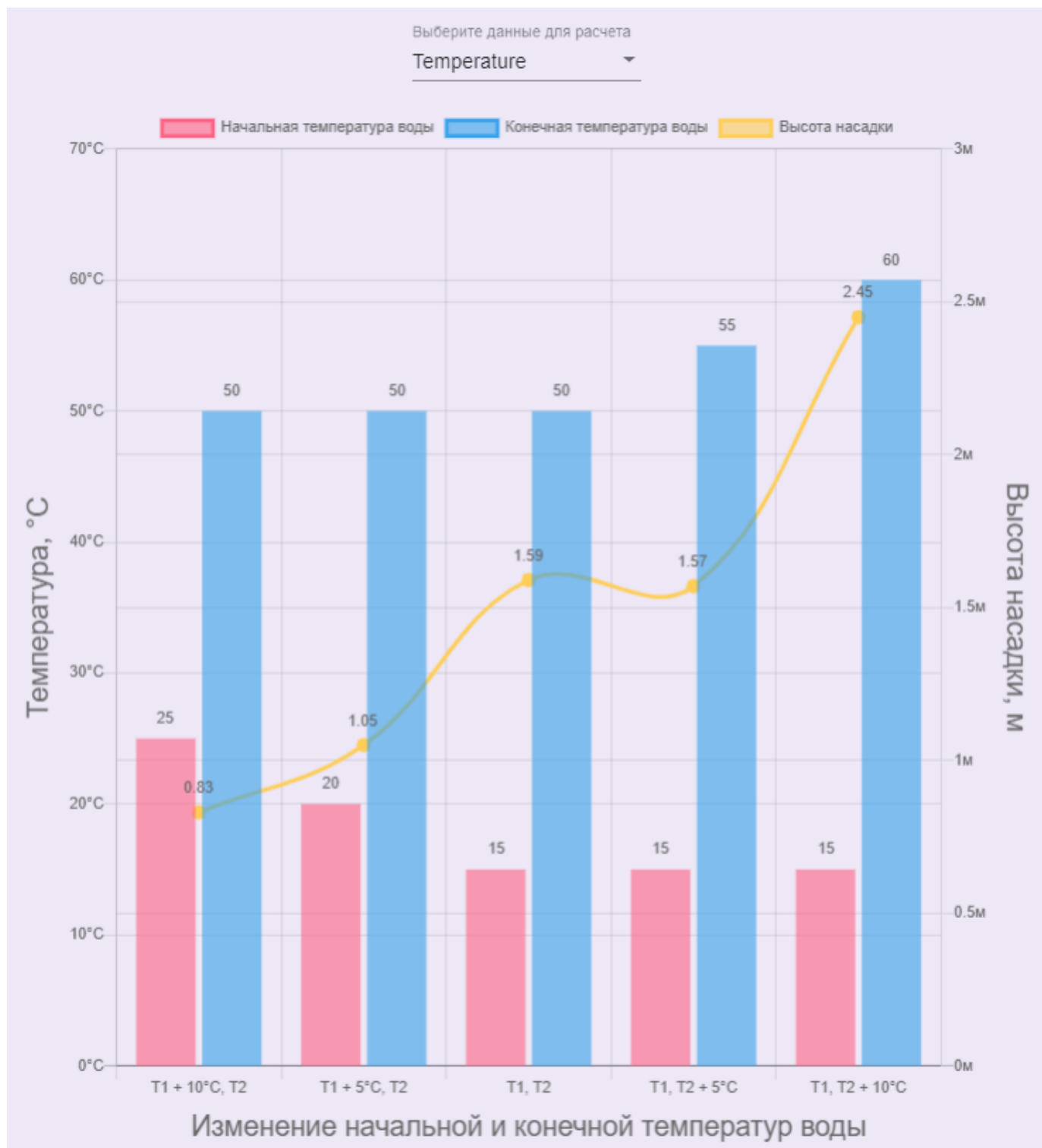


Рисунок 5.6 — Графік візуалізації розрахунку другої задачі

На рисунку 5.6 користувач може переглянути графік візуалізації результатів обчислення другої задачі. На ньому зображено залежність розрахованої висоти насадки від зміни початкової та кінцевої температури води. Кожен вертикальний сегмент графіку являє собою зміну вхідних параметрів, закон цієї зміни описано на

осі X, під кожним з сегментів. Жовта лінія – результуючий графік висоти насадки. На графіку присутні дві осі Y, ліва вісь відповідає за значення температур, а права, за значення результуючої висоти насадки. Користувач також має можливість перемикає параметри для візуалізації розрахунків. Цей графік також підтримує відображення залежності розрахованої висоти насадки від зміни вільного об'єму насадки та площі її поверхні.

Наступною сторінкою користувацького інтерфейсу є конвертор величин (рисунок 5.7). Конвертор передбачає переведення величин системи інтернаціональної в систему МКГСС.

BoilApp Рассчет Конвертор величин Админ

Преобразование единиц системы интернациональной в техническую систему единиц

Величина СИ: Паскали

Величина МКГСС: фунт-сила на кв. дюйм

Введите значение: 50

0.00725000

Рассчитать

Рисунок 5.7 — Сторінка конвертації величин

Також інтерфейс користувача передбачає сторінку для адміністрування коефіцієнтів бази даних та можливості вводу даних користувачем (рисунок 5.8).

BoilApp Рассчет Конвертор величин Админ

Управление параметрами вычислений

☐ Отключить возможность ввода данных для расчета первой задачи ☐ Отключить возможность ввода данных для расчета второй задачи

Начальная масса воздуха 1000	Конечная масса воздуха 3000	Начальная температура воды 15	Конечная температура воды 50
Начальная температура 20	Конечная температура 50	Энтальпия воздуха на входе 418.7	Энтальпия воздуха на выходе 209.35
Начальная влажность воздуха 60	Конечная влажность воздуха 50	Прямоток воздуха 10000	Поверхность насадки 45
<input type="button" value="Обновить"/>		Свободный объем насадки 0.5	Эквивалентный диаметр наса... 0.045
		<input type="button" value="Обновить"/>	

Рисунок 5.8 — Сторінка адміністрування

Ця сторінка доступна лише користувачам, що мають права на адміністрування ресурсу у базі даних.

Коефіцієнти розрахунків зберігаються у віддаленій базі даних, а кнопка оновлення змінює записи бази даних на нові значення.

Також у даному програмному продукті реалізована можливість перегляду історії розрахунків (рисунок 5.9, 5.10).

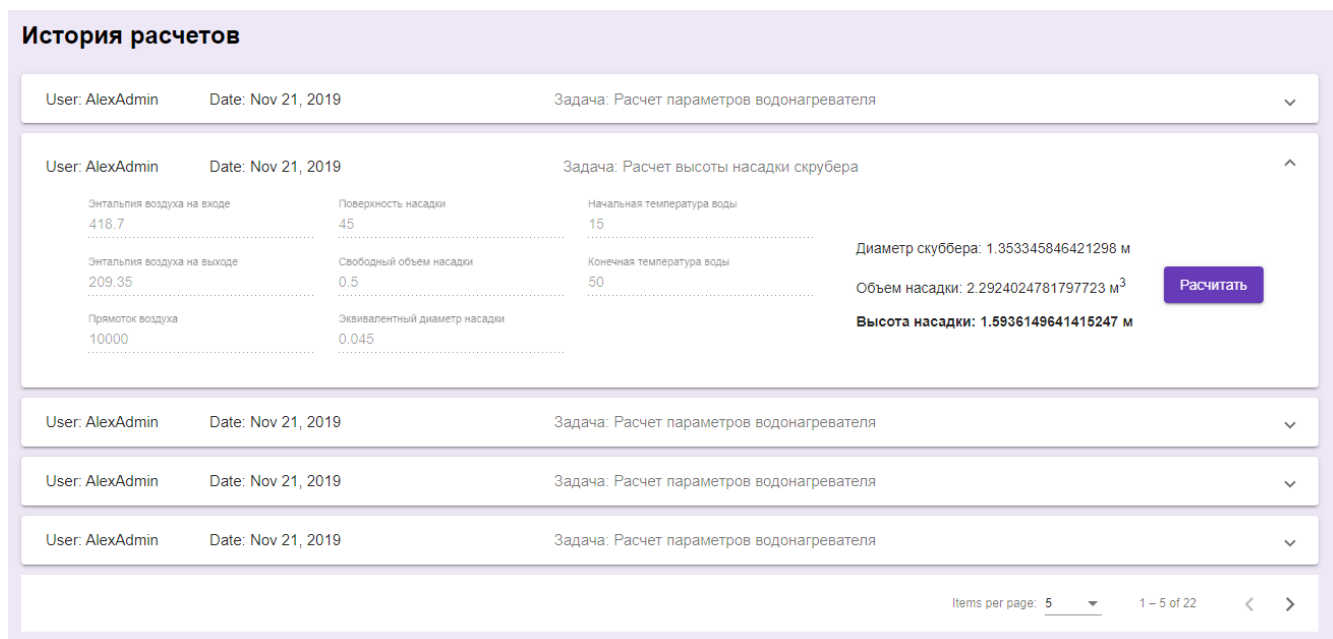


Рисунок 5.9 — Сторінка перегляду історії розрахунків користувача

Користувач та адміністратор мають різні сторінки для перегляду. Сторінка для розрахунків, що представлена на рисунку 5.6 містить список усіх розрахунків, які виконав авторизований користувач, елементи історії представлені у виді розширюваних блоків та містять ім'я користувача, дату проведення розрахунку, тип задачі, що була розрахована, коефіцієнти розрахунків, результати розрахунків та кнопку, що переводить користувача на сторінку розрахунків (рисунок 5.2) та розраховує дані, взяті з історії. Внизу сторінки, знаходиться пагінація, що дозволяє виставити кількість елементів історії на сторінці, перемикається між сторінками та визначити загальну кількість карток історії розрахунку.

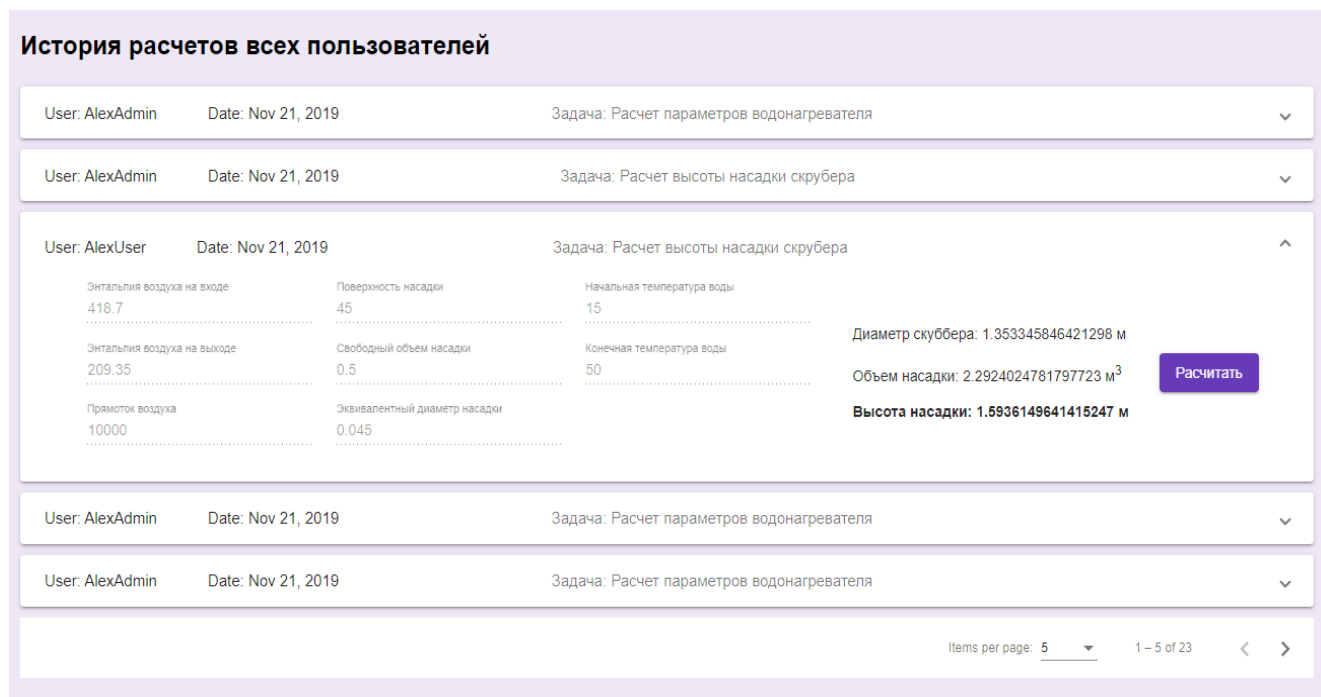


Рисунок 5.10 — Сторінка перегляду історії розрахунків адміністратора

На рисунку 5.10 зображено історію розрахунків для адміністратора, єдиною відмінністю від історії розрахунків користувача на цій сторінці є те, що адміністратор може бачити розрахунки усіх користувачів системи, в той час, як звичайний користувач бачить лише свою історію.

Висновки до розділу 5

У цьому розділі наведено інформацію про користування системою, що дозволить користувачу швидше зрозуміти загальні принципи роботи програмної системи. Задачу надання користувачу інформації про взаємодію з програмою виконують скріншоти, наведені для спрощення розуміння виконаних у розділі кроків.

6 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЄКТУ

Ідея даного проєкту полягає у створенні продукту для оптимізації розрахунків параметрів водонагрівача, аналізу отриманих даних, перегляду графічної візуалізації розрахунків у вигляді графіків, конвертація одиниць вимірювання у різні системи величин та адміністрування користувачів. Відмінною рисою даного програмного продукту від існуючих аналогів є його кросплатформенність, адаптивність до різних пристроїв та клієнт-серверна архітектура. Це означає, що користувачі зможуть розраховувати необхідні їм дані, використовуючи будь-який підходящий пристрій, маючи лише доступ до мережі інтернет.

Клієнт-серверна архітектура додатку передбачає проведення усіх розрахунків на стороні сервера, що значно збільшить швидкість роботи додатку та приведе до позитивного користувацького досвіду. Перейдемо до розгляду формули даного стартап проєкту.

Програмний застосунок “BoilApp”, який містить реалізацію алгоритму розрахунку параметрів скрубера, можливість адміністрування користувачів, перегляд історії розрахунків та можливість конвертації одиниць вимірювання, який відрізняється тим, що являється клієнт-серверним кросплатформенним додатком, що надає можливість адмініструвати та переглядати дії користувачів використовуючи графічний інтерфейс для взаємодії користувача з програмним кодом.

6.1 Опис ідеї стартап проекту

Проаналізуємо зміст ідеї даного стартап проєкту, напрямки застосування програмного забезпечення а також переваги та недоліки даної ідеї. Результати аналізу представлені у таблиці 5.1.

Таблиця 6.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Удосконалення програмного забезпечення для розрахунку параметрів скрубера	1. Навчальні заклади (студенти, викладачі)	Додаток доступний на будь-якій платформі, необхідне лише з'єднання з мережею Інтернет.
	2. Інженери промислових підприємств	Користувач, за власними вхідними даними, може розрахувати розміри необхідної для коректної роботи насадку для скрубера.

У таблиці 6.1 приведені дані про зміст ідеї даного проєкту, напрямки його застосування та вигоди для користувача. Напрямами застосування даної системи обрано користувачів, пов'язаних з теплоенергетичними процесами, а саме людей, які навчаються за даною спеціальністю, або людей що працюють на промислових підприємствах та проводять розрахунки вручну, або за допомогою застарілого програмного забезпечення. У процесі розробки система перетвориться на прогресивний веб додаток (PWA), що дозволить користуватися системою, як мобільним додатком.

PWA - це тип програмного забезпечення, що постачається через Інтернет, побудований за допомогою загальних веб-технологій, включаючи HTML, CSS та JavaScript. Він призначений для роботи на будь-якій платформі, яка використовує браузер. Функціональність включає роботу в автономному режимі, push-сповіщення та доступ до апаратного забезпечення пристрою [22].

Переваги прогресивного веб додатку над звичайними десктопними програмними системами очевидні, кросплатформенність, швидкість роботи та автономність вигідно відрізнятимуть даний проєкт від існуючих аналогів.

Розглянемо проблеми даної програмної системи:

— для коректного розрахунку, користувачу необхідно перш за все

розрахувати вхідні дані власної системи;

- необхідність під'єднання до мережі Інтернет;
- відсутність можливості зміни прав доступу користувачів за допомогою графічного користувацького інтерфейсу.

Наступним етапом є визначення характеристик продукту, що планується розробити, а також проаналізувати потенційних конкурентів та визначити сильні та слабкі сторони проекту відносно них. В результаті потрібно виділити слабкі, нейтральні та сильні сторони продукту, за допомогою аналізу таблиці.

Таблиця 6.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко економічні характери- стики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Розроблюваний проект	ScrubMaster	Cyclone			
1	Економічні: 1. Вартість обслуговуван- ня 2. Вартість експлуатації	1. Безкоштовно 2. Безкоштовно	1. 2,700\$ / рік 2. Входить у вартість обслуговуван- ня	1. Безкоштовно 2. Безкоштовно	1. - 2. -	1. - 2. -	1. + 2. +
2	Собівартість	3. низька	3.	3. висока	3. низька	2. -	3.

Таблиця 6.2 (продовження)

2	Собівартість	низька		висока	низька	-	-	+
3	Використання додаткового обладнання	Ні		Так	Так	-	-	+
4	Кросплатформенність	Являється веб-додатком, може використовуватися на будь-яких ОС.		Ні	Ні	-	-	+
5	Надійність	Шифрування паролів, використання віддаленої бази даних, використання Angular Guards.		Продумана система безпеки та авторизації користувачів	ПЗ з відкритим програмним кодом, не захищене	-	+	-
6	Автономність	Може використовуватися на мобільних девайсах та планшетах		Десктопний застосунок	Десктопний застосунок	-	-	+

Таблиця 6.2 (продовження)

7	Дизайн	Додаток виконаний у стилі Material Design, розроблений компанією Google	Інтерфейс користувача застарілий	Інтерфейс користувача застарілий	-	-	+
8	Необхідність під'єднання до мережі Інтернет	Так	Ні	Ні	+	-	-
9	Функціональні можливості	Розрахунок параметрів водонагрівача, аналіз отриманих даних, адміністрація користувачів	Діагностика встановленого обладнання, розрахунок параметрів	Симуляція роботи циклона, розрахунок параметрів	-	+	-

Аналізуючи таблицю 6.2, стає зрозуміло, що сильними сторонами розроблюваного продукту є його автономність, дизайн, вартість обслуговування та експлуатації, надійність та кросплатформенність. На жаль, продукт не має так багато функціональних можливостей, як конкурент 1 та потребує підключення до мережі Інтернет, що є його слабкістю.

В результаті дослідження сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту було проаналізовано техніко-економічні характеристики конкурентів на ринку, що надає можливість визначити приблизний відсоток користувачів, що

зацікавляться даним продуктом. Враховуючи застарілість існуючих рішень, даний продукт має гарні шанси на успіх при виході на ринок. На основі аналізу таблиці 6.2 можна стверджувати конкурентну спроможність застосунку.

6.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В цьому пункті слід провести аудит технології проекту, що має допомогти реалізувати ідею (технології створення продукту).

Перший крок для цього – це визначення технологій, які можуть використовуватися в процесі розробки (таблиця 6.3).

Таблиця 6.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Реалізація алгоритму розрахунку параметрів водонагрівача	Середовище розробки Php Storm 2019.2	Наявні	Доступні для вільного користування
Створення графічного інтерфейсу програмного додатку.	Середовище розробки Php Storm 2019.2		
Графічне відображення розрахунків	Бібліотека chart.js		
Збереження у БД.	Середовище розробки Php Storm 2019.2 MongoDb client		

Таблиця 6.3 (продовження)

Механізм аутентифікації та авторизації користувача.	Середовище розробки Php Storm 2019.2, бібліотека bcrypt.		
---	--	--	--

Технології обрані для розробки системи є доступними, безкоштовними та забезпечують необхідним функціоналом для реалізації поставленої задачі.

6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час впровадження проекту для користувачі, та загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів. Отже, дані характеристики вкажуть на можливе місце нового застосунку на ринку, його потенційних користувачів, прогноз розвитку та рентабельність.

Проведемо аналіз попиту (таблиця 6.4).

Таблиця 6.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	Біля 3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	1000000 грн за ум.од.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростання

Таблиця 6.4 (продовження)

2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	1000000 грн за ум.од.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростання
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Затвердження ліцензії на використання на підприємствах
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	20

Аналізуючи попередню таблицю, зрозуміло, що вкладання коштів в цей проект є вигідним. Слід звернути увагу, що обмежень для входу є незначними, а обмеження стандартизації відсутні, що збільшить шанси на швидкий вихід на ринок. Оскільки боротьба з екологічними проблемами щороку набирає сили, ринок буде розширюватися, а попит на програмне забезпечення для розрахунку пристроїв для очищення промислових газів буде тільки зростати, що відкриє даному продукту шлях до входження на ринок. Ще однією сприятливою умовою даного проекту є невелика кількість конкурентів на ринку. У комплексі, аналіз потенційного ринку даного стартап-проекту вказує на те, що він має великі шанси зайняти свою нішу у сфері розробки вузьконаправленого програмного забезпечення.

Наступним кроком є визначення цільової аудиторії програмного продукту, її поведінки та вимог (таблиця 6.5). Таблиця дозволить проаналізувати потреби ринку та цільову аудиторію, яка може бути зацікавлена в виході проекту.

Таблиця 6.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінність у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Можливість швидко і зручно здійснювати розрахунки параметрів водонагрівача	Навчальні заклади (викладачі, студенти)	Не передбачається	Зручність інтерфейсу, швидкість роботи, можливість швидко розраховувати параметри
2	Зручний інструмент для проведення розрахунків та їх аналізу, адміністрування роботи працівників	Інженери промислових підприємств	Адміністрування роботи працівників	Зручність інтерфейсу, швидкість роботи, можливість адміністрування користувачів та аналізу отриманих розрахунків

Як видно з попередньої таблиці, цільовою аудиторією є викладачі та студенти навчальних закладів та інженери промислових підприємств. При цьому відмінності в поведінці цих двох цільових аудиторій невеликі. Для інженерів промислових підприємств більшу роль буде відігравати можливість адміністрування роботи працівників, в іншому, користувачі прагнуть одного і того ж – зручного та швидкого розрахунку параметрів водонагрівача. Після визначення потенційних груп клієнтів необхідно провести аналіз ринкового середовища, визначити фактори загроз і можливостей, що можуть сприяти або перешкоджати розвитку проекту.

Таблиця 6.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Зміни тенденцій ринку	Створення нових, більш ефективних пристроїв для очищення промислових газів.	Написання адаптора, що зможе розраховувати параметри для нового, більш популярного на ринку обладнання.
2	Потужна клієнтська база конкурентів	Конкуренти, що довше працюють у даному напрямі завоювали довіру підприємств.	Потужна маркетингова кампанія, спрямована на рекламування вигідних сторін даного програмного забезпечення.

В таблиці 6.6 було розглянуто фактори загроз, що можуть створити проблеми для стартап-проєкту. Основною загрозою є зміна тенденцій ринку. Не зважаючи на те, що на даний момент скрубери є найпопулярнішими засобами для очистки промислових газів, вони не є ідеальними. Зростання інтересу до проблем забруднення навколишнього середовища може змусити винахідників створити новий тип очисників, що буде більш ефективним та економічно вигідним для підприємств. Цей фактор не становить занадто великої загрози, адже в основі роботи очисників лежать фізичні закони термічних процесів і розробникам потрібно буде лише написати адаптор для вже функціонуючого додатку, який зможе працювати з новими типами очисників.

Тепер розглянемо фактори можливостей даного проєкту (таблиця 6.7).

Таблиця 6.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Аналіз досвіду конкурентів	Побудова маркетингових та рекламних компаній на основі успіхів конкурентів	Планування стратегій, виключаючи помилки, які були допущені конкурентами
2	Концентрація на функціональних перевагах	Будувати стратегію розвитку відштовхуючись від функціональних можливостей які відсутні у конкурентів	Чітке планування задач, розуміння переваг продукту та таргетування за цими можливостями

Аналіз таблиці 6.7 показує, що даному проєкту, як новому гравцю на ринку треба зконцентруватись на тому, щоб не повторювати уже зроблені помилки конкурентів та проводити маркетингові кампанії приймаючи за основу свої переваги перед ними.

Проведемо ступеневий аналіз конкуренції на ринку (таблиця 6.8).

Таблиця 6.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика
Тип конкуренції	Олігополія

Таблиця 6.8 (продовження)

За рівнем конкурентної боротьби	Глобальна
За галузевою ознакою	Внутрішньогалузева
Конкуренція за видами товарів	Товарно-видова
За характером конкурентних переваг	Нецінова
За інтенсивністю	Не марочна

Такий аналіз конкуренції є непоганим, але неповним. Оскільки не місти детального опису характеристик. Саме тому варто провести аналіз конкуренції в галузі за М. Портером (таблиця 6.9).

Таблиця 6.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальник	Клієнти	Товари-замінники
	1. ScrubMaster 2. Cyclone	Наявність доступу до ресурсів	Інтернет-ресурси, виставки, Форуми,	Торгівельні знаки, система інформації	відсутні

Таблиця 6.9 (продовження)

Висновки:	Існує 2 найвпливові ших конкуренти. Конкурент 1 (ScrubMaster) є найбільш серйозним, адже використов ує схожий підхід і технології	Можливості виходу на ринок є, але вони також є у потенційни х конкурентів . Строки виходу їх продукту на ринок — приблизно 1 рік	На даний момент відсуті	Умови клієнтів в залежності від ситуації постійно змінюються	-
-----------	---	---	-------------------------------	---	---

Попередня таблиця дає зрозуміти, що продукт має одного найсерйознішого конкурента, що має аналогічний підхід до рішення задачі, але враховучи адаптивність та крос-платформеність додатку та безкоштовне обслуговування наш продукт має великі шанси на успіх.

Виокремимо основні фактори конкурентоспроможності продукту (таблиця 6.10).

Таблиця 6.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Вартість	Товар є безкоштовним

Таблиця 6.10 (продовження)

2	Функціонал	Наявність можливості розрахунків скрубера для його подальшого підбору, аналіз отриманих результатів у графічному вигляді, можливість адміністрування користувачів системи
3	Не потребує додаткового обладнання	Для роботи програми не потрібне додаткове обладнання

З таблиці ми бачимо, що відмова від додаткового обладнання, спеціальний функціонал для адміністрування роботи користувачів та безкоштовність продукту є основними факторами, що дають перевагу над конкурентами.

Після таких висновків вже можна проаналізувати сильні та слабкі сторони проекту у порівнянні з конкурентами (таблиця 6.11).

Таблиця 6.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентноспроможності	Бали 1-20	Рейтинг розроблюваного продукту у порівнянні з головним конкурентом						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Функціонал	16				+			
2	Вартість	19						+	
3	Не потребує дод. обладнання	20							+

Посилаючись на цю таблицю, ми бачимо, що найбільше балів набрано за фактором "Не потребує дод. обладнання". Розроблюваний продукт також має перевагу у Вартості і не поступається у функціональності. Заключною таблицею ринкового аналізу можливостей впровадження розробленого програмного продукту є аналіз SWOT, що представляє собою сильні та слабкі сторони, можливості і загрози для проекту в одній таблиці (таблиця 6.12).

Таблиця 6.12. SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: вартість, не потребує додаткового обладнання, автономність кросплатформенність	Слабкі сторони: Недостатність функціоналу з діагностики, необхідне підключення до інтернету
Можливості: Продаж більшої кількості товару через збільшення навчальних закладів Індивідуалізація програми під конкретного замовника Розширення функціональних можливостей діагностики скруберів	Загрози: віддання переваги потенціальними клієнтами продуктам конкурентів, зміна тенденцій ринку.

Використовуючи SWOT-аналіз, можна скласти таблицю 6.13 альтернатив ринкового впровадження стартап-проекту.

Таблиця 6.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Розширення функціоналу діагностики скруберів	90%	3
2.	Розробка системи симуляції роботи скрубера за заданими параметрами	30%	2

Враховуючи вищенаведену таблицю, зрозуміло, що для реалізації стартап-проекту доцільніше використати першу альтернативу, а саме розширення функціоналу діагностики скруберів. Цей напрям є найбільш вигідним через те, що цей функціонал є у головного конкурента нашого стартап проекту, нівелювавши цей недолік, наш продукт буде більш конкурентоздатним.

6.4 Розробка ринкової стратегії проекту

Розпочнемо розробку ринкової стратегії з визначення стратегії охоплення ринку (таблиця 6.14).

Таблиця 6.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Навчальні заклади	+	Середній	Немає	Просто
2	Інженери промислових підприємств	+	Високий	Вище середнього	Вище середнього

У вищенаведеній таблиці описано основні цільові групи потенційних клієнтів, а саме студенти та викладачі навчальних закладів та інженери промислових підприємств. Не дивлячись на те, що для другого типу цільової групи інтенсивність конкуренції вища, попит та прибуток у неї буде значно вищим за першу цільову групу.

Визначимо базову стратегію розвитку продукту (таблиця 6.15).

Таблиця 6.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Розробка системи з розширеним функціоналом діагностики скруберів	Стратегія диференційованого маркетингу	Функціонал, Вартість, Не потребує додаткового обладнання	диференціація

Так як планується співпраця з кількома сегментами ринку, за стратегію охоплення ринку було обрано стратегію диференційованого маркетингу; до того ж, деякі особливості продукту будуть змінюватись в залежності від сегменту і конкретного користувача. Базовою стратегією розвитку визначено диференціацію.

Виначимо значення базової стратегії конкурентної поведінки (таблиця 6.16).

Таблиця 6.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект "першопрохідцем" на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Шукати нових споживачів та забирати існуючих	Так, розрахунок параметрів водонагрівача	Стратегія наслідування лідеру

Звісно, розроблений продукт не буде першопрохідцем на ринку, до нього вже існували системи для роботи з водонагрівачами та розрахунку їх параметрів. Не дивлячись на це, наша стратегія полягає як в пошуці нових клієнтів, так і

перехоплення вже існуючих, адже наш продукт пропонує зовсім іншу концепцію, головною відмінністю якого є можливість адміністрування користувачів.

Зважаючи на вимоги користувачів, стратегій розвитку та конкурентної поведінки, далі треба розробити стратегію позиціонування. Під цією стратегією розуміється формування ринкової позиції (комплексу асоціацій), що допоможе споживачам з ідентифікацією проекту (таблиця 6.17).

Таблиця 6.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Дешевизна, зручність інтерфейсу, функціональність	Диференціація	Відмова від додаткового обладнання зробить продукт дешевшим, а можливість адміністрації користувачів задовольнить потреби ринку	Доступність, зручність, функціональність

Таблиця 6.17 демонструє комплексну позицію проекту, а саме: доступність, зручність, і функціональність, що сформована, виходячи з вимог користувачів з обраних сегментів і ключових конкурентоспроможних позицій проекту.

6.5 Розроблення маркетингової програми

Почнемо розробку маркетингової програми, з формування маркетингової концепції товару (таблиця 6.18).

Таблиця 6.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Функціонал	Адміністрування користувачів	Наявність режиму, якого немає ні в одного з конкурентів
2	Вартість	Безкоштовне обслуговування	Нижча ціна, ніж у конкурентів
3	Незалежність системи від дод. пристроїв	Не потребує додаткового обладнання	Потрібен тільки комп'ютер/телефон

Сформувавши таблицю ключових переваг продукту можемо переходити до наступного кроку, а саме розробка трирівневої маркетингової моделі товару.

Таблиця 6.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Крос-платформенний веб-додаток для розрахунку параметрів водонагрівача

Таблиця 6.19 (продовження)

II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Низька ціна	Нм	Тх
	Функціонал		
	Не потребує дод. обл.		
	Зручний інтерфейс		
	Якість: продукт протестовано вручну		
Маркування: Немає			
Компанія: назва “BoilApp”			
III. Товар із підкріпленням	Безкоштовне обслуговування, продаж додаткових можливостей.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: обфускація коду			

Після цього необхідно визначити систему збуту, оптимальну для даного проекту, яка допоможе зрозуміти як краще реалізовувати продукт, за допомогою посередників за власними ресурсами (таблиця 6.21).

Таблиця 6.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Покупка додаткових можливостей	Продаж додаткових функцій	0 (напрямую)	Власна

Попередня таблиця презентує систему збуту. В її рамках прийняті такі рішення, що користувачі купуватимуть додатковий функціонал системи і що система збуту буде без посередників, власна, тобто глибина каналу збуту – 0.

Завершальним етапом формування маркетингової програми є розробка концепцій маркетингових комунікацій (таблиця 6.22).

Таблиця 6.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення
1.	Використання додатку у веб-браузері	Інтернет	Низька ціна, функціонал, не потрібно додаткового обладнання, зручний інтерфейс	Зацікавити потенційних користувачів; довести, що розроблений додаток економить час та допомагає адмініструвати користувачів системи.

Посилаючись на попередню таблицю, що показує концепцію маркетингових комунікацій для розробленого програмного продукту, зрозуміло, що додаток буде використовуватися за допомогою веб-браузера.

Висновки до розділу 6

В даному розділі було розглянуті перспективи виходу на ринок розробленого програмного продукту, що є клієнт-серверним веб-додатком для розрахунку параметрів водонагрівача.

Було сформовано та розглянуто ідею проєкту, а також проведено технологічний аудит та аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту.

Також було розроблено ринкову стратегію проекту. В кінці розділу було розроблено маркетингову програму для стартапу.

Для ринкової реалізації проекту було обрано альтернативу з розширенням функціоналу для діагностики роботи скрубера.

Крім того, було проаналізовано слабкі та сильні сторони проекту. До сильних сторін можна віднести відсутність необхідності використання додаткового обладнання, безкоштовний базовий пакет послуг та можливість адміністрування користувачів, а до слабких – недостатньо широкий функціонал розрахунку та необхідність підключення до мережі Інтернет. Було проаналізовано можливі ризики та запропоновано необхідні дії в разі їх прояву. Враховуючи це, було розроблено SWOT-аналіз.

В ході розробки програми було детально порівняно розроблюваний проект з аналогічними програмами конкурентів, такими як ScrubMaster та Cyclone. Порівняльний аналіз показав, що і в конкурентів, і в розроблюваній програмі є свої плюси та мінуси, проте в загальному розроблена система має кращу і вигіднішу для користувачів сукупність показників, маючи таку комплексну позицію: доступність, функціональність і зручність.

Враховуючи потенційні групи клієнтів, невисокі бар'єри входження, доведену вище конкурентоспроможність продукту, можна зробити висновок про існування перспектив впровадження такого проекту.

ВИСНОВКИ

Дану роботу було присвячено доволі актуальній проблемі забруднення навколишнього середовища, а саме розрахунку параметрів скрубера, який створено для очистки промислових газів, що викидаються в атмосферу. При вирішенні поставлених задач були отримані наступні результати:

- реалізовано алгоритм розрахунку параметрів водонагрівача у скрубєрі;
- реалізовано алгоритм розрахунку висоти хордової насадки у скрубєрі;
- створено два окремі інтерфейси для користувача та адміністратора;
- створена можливість проведення графічного аналізу отриманих результатів;
- створено можливість адміністрування користувачів системи.

У першому розділі пояснювальної записки було проведено постановку задачі та проведено аналіз принципу роботи скрубєрів, розглянуто їх типи та характеристики.

Другий розділ присвячено порівняльній характеристиці розробленої системи та існуючих аналогів програмного забезпечення.

У третьому розділі було визначено технології та засоби розробки даної програмної системи, визначено їх можливості.

У четвертому розділі було детально описано програмну реалізацію проєкту, а саме: описано архітектуру розробленого програмного забезпечення, пояснено реалізацію алгоритму розрахування параметрів повітря всередині скрубєра, розрахування висоти хордової насадки скрубєра та роботу деяких компонентів системи.

П'ятий розділ демонструє випробовування розробленої системи. В цьому розділі вказано системні вимоги продукту та продемонстровано роботу користувача з системою, вказано та продемонстровано головні можливості додатку.

Останній розділ присвячено опису стартап-проєкту, створеного на основі розробленого програмного продукту.

Створений програмний продукт має два окремих та функціонально незалежних інтерфейси для користувача та адміністратора, а також виконує розрахунок параметрів водонагрівача, дозволяє проводити візуальний аналіз отриманих даних, конвертувати одиниці вимірювання у різні системи величин, переглядати історію розрахунків та адмініструвати роботу користувачів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Соснин Ю.П., Бухаркин Е.Н. Бытовые печи, камины и водонагреватели., 1990. – 368 с.
2. Griggs, Mary Beth. "Mercury Scrubbers On Power Plants Clean Up Other Pollutants, Too". Popular Science. Retrieved 30 July 2015.
3. Скрубер, общие сведения, типы и принцип действия [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://gas-cleaning.ru/article/scrubber>.
4. Скрубер Вентури - Промышленная фильтрация [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://sates.com.ua/ru/skrubber-venturi.html>
5. Лебедев П. Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. Учебник для студентов технических вузов. Изд. 2-е, перераб. М., «Энергия», 1972. 319 с.
6. MEAN.JS – Documentation [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://meanjs.org/docs.html>
7. MongoDB Documentation [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://docs.mongodb.com/>
8. NodeJs Documentation [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://nodejs.org/en/docs/>
9. API Reference – Express [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://expressjs.com/en/api.html>
10. Introduction to the Angular Docs [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://angular.io/docs>
11. Гунич С. В., Янчуковская Е. В. Математическое моделирование и расчет на ЭВМ химико-технологических процессов. Примеры и задачи. — Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2010. — Т. 1. — 216 с.
12. Himmelblau, David M. (1989). Basic Principles And Calculations In Chemical Engineering. Prentice Hall. ISBN 0-13-066572-X.

13. Усольцев В. А. Измерение влажности воздуха. — Л.: Гидрометеиздат, 1959.
14. Поль Р. В., Механика, акустика и учение о теплоте, 2013, с. 446.
15. Ю. И. Дытнерский. Процессы и аппараты химической технологии. Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. — М.: Химия, 1995. — 400 с. — 6500 экз. — ISBN 5-7245-1006-5.
16. Физическая энциклопедия: [Т.] 4: Пойнтинга-Робертсона эффект — Стримеры. — Большая рос. энцикл., 1994. — 704 с.: ил. — ISBN 5-85270-087-8.
17. Котляр Я. М., Совершенный В. Д., Стриженов Д. С. Методы и задачи тепломассообмена. — М.: Машиностроение, 1987. — 320 с.
18. Справочник химика 21 — ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://chem21.info/info/873735/>
19. Introduction to Material Design [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://material.io/design/introduction/#principles>
20. Introduction to JSON Web Tokens [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://jwt.io/introduction/>
21. Cormen, Thomas H.; Leiserson, Charles E.; Rivest, Ronald L.; Stein, Clifford (2001). Introduction to Algorithms (2nd ed.). MIT Press and McGraw-Hill. pp. 881–887. ISBN 978-0-262-03293-3.
22. Rzutkiewicz, Jason. "Why Progressive Web Apps Are The Future of Mobile Web (2019 Research)". YML. Retrieved 4 October 2019.

ДОДАТОК А

РОЗВ’ЯЗОК ЗАДАЧІ ОБРАХУНКУ ВОДОНАГРІВАЧА В ІНТЕРАКТИВНОМУ
РЕЖИМІ З ВИКОРИСТАННЯМ КЛІЄНТ-СЕРВЕРНОЇ АРХІТЕКТУРИ

Тези на конференцію
"Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики"

УКР.НТУУ"КПІ ім. Ігоря Сікорського" _ТЕФ_АПЕПС_ ТВ4194_19М

Аркушів 1

Київ 2019

РОЗВ'ЯЗОК ЗАДАЧІ ОБРАХУНКУ ВОДОНАГРІВАЧА В ІНТЕРАКТИВНОМУ РЕЖИМІ З ВИКОРИСТАННЯМ КЛІЄНТ-СЕРВЕРНОЇ АРХІТЕКТУРИ

Архітектура клієнт-сервер є одним із архітектурних шаблонів програмного забезпечення та є домінуючою концепцією у створенні розподілених мережних застосунків і передбачає взаємодію та обмін даними між ними[1]. Сервери є незалежними один від одного. Клієнти також функціонують паралельно і незалежно один від одного. Немає жорсткої прив'язки клієнтів до серверів. Більш ніж типовою є ситуація, коли один сервер одночасно обробляє запити від різних клієнтів; з іншого боку, клієнт може звертатися то до одного сервера, то до іншого. Клієнти мають знати про доступні сервери, але можуть не мати жодного уявлення про існування інших клієнтів.

Додаток буде реалізовано за допомогою TypeScript фреймворку Angular та програмного каркасу розробки веб-застосунків для Node.js Express.js, що був спеціально спроектований для створення веб-застосунків та API.

У якості бази даних буде використано MongoDB. MongoDB підтримує зберігання документів в JSON-подібному форматі, має досить гнучку мову для формування запитів, може створювати індекси для різних збережених атрибутів та ефективно забезпечує зберігання великих бінарних об'єктів. Такий підхід слідує набору серверного програмного забезпечення MEAN.

Важлива особливість MEAN — перехід від генерації веб-сторінок на стороні сервера до створення переважно односторінкових додатків, перенесення ядра реалізації MVC зі сторони сервера на сторону клієнта, що забезпечується включенням в склад стеку Angular (причому включений в склад фреймворк Express.js забезпечує і традиційну маршрутизацію і генерацію сторінок на стороні сервера).

Програмний продукт матиме два різні інтерфейси для користувача та адміністратора. Можливості користувача включають проведення усіх розрахунків та перегляд їх візуалізації. Адміністратор матиме можливість змінювати коефіцієнти обчислення та отримувати аналітику по діям користувачів та результатам їх обрахунків.

В процесі роботи скрубера-водонагрівача, що використовується для очищення твердих або газоподібних середовищ від домішок у різних хіміко-технологічних процесах, відбувається нагрів води за рахунок тепла газів[2].

В розробленій системі реалізовано кілька способів обрахунку нагріву води:

1. визначення температури нагрівання води і охолодження повітря на виході водонагрівача та відображення процесу на H-d діаграмі вологого повітря.
2. визначення висоти насадки у скрубери – водонагрівачі, яка необхідна для охолодження заданої кількості повітря за відомої температури води для відомого діаметра апарату, характеристики насадки і режиму течії.
3. визначення об'єму скрубера- водонагрівача без насадки з розпилюванням води форсунками, якщо задана густина зрошення і витрата води.

Тому дана система є важливою для розрахунку теплообмінних апаратів без розділяючої стінки між теплоносіями, зокрема – скрубери.

Перелік посилань:

1. Nieh, Jason; Yang, S. Jae; Novik, Naomi (2000). "A Comparison of Thin-Client Computing Architectures". Academic Commons. doi:10.7916/D8Z329VF
2. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. Учебник, М., «Энергия», 1972, 320 с.